

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
إدارة التأليف والترجمة والنشر

العلوم والمعارف الهندسية

في الحضارة الإسلامية

للأستاذ الدكتور جلال شوقي



سلسلة التراث العلمي العربي
الطبعة الأولى ١٩٩٥

المحتويـــات

رقم الصفحة

الباب الأول

هندسة الأشكال (وتشمل العمارة الإسلامية)

مقدمــة في التعريف بالهندسة

يُمكن تقسيم العلوم والمعارف الهندسية ـ كما وردت في التراث العربي الإسلامي [1] ـ إلى قسمين رئيسين هما:

أولا: هندسة الأشكال

وهي في الواقع «هندسة ساكنة»، وقد أسماها الأوائل جومطريا Geometry نقلا عن اللفظ الإغريقي [2]، ويشتمل هذا القسم ـ فضلاً عن الأصول الهندسية ـ على التطبيقات الخاصة بمجال العمارة.

ثانيا: هندسة الحركات

الهنـدسة الحركية، أَسْماها الأوائل «صنعة الآلات»، أو «الهندسة الحيّة» أو «الهندسة التطبيقية» أو «الهندسة العملية»، هي ما نعرفُها اليوم بالهندسة عموما (Engineering)، وينحدر لفظ «هندسة» من أصل فارسي هو إندازه بمعنى القياس.

ولقد أفردنا لكل قسم من هذين القسمين كتابا قائما بذاته، وعلى ذلك فإننا سنعرض في كتابنا للباب الأول هندسة الأشكال والباب الثاني هندسة الحركات.

هندسة الأشكال

وفيها أدرج علماء العرب والمسلمين خمسة فروع هي:

١ ـ الأصول الهندسية (أو هندسة إقليدس).

٢ ـ علم الأكر أو الكرات.

٣ ـ علم المخروطات.

٤ ـ علم المساحة.

٥ ـ علم المناظر، أو علم البصريات، أو علم الضوء.

وتشتمل «هندسة الأشكال» كذلك على التطبيقات الهندسية في مجال العمارة، حيث نعرض لجانبين أساسيين فيها هما:

١ ـ **العناصر الإنشائية** أو عناصر البناء، وتشمل العقود والنوافذ والقباب والمآذن أو المنارات، ونسوق لها أمثلة عديدة من عمائر العالم الإسلامي لاسيما من قرطبة وغرناطة.

---

(١) راجع الشكل (١).

(٢) كذا «الهندسة العقلية» أو «الهندسة النظرية».

٢ ـ **العناصر الجمالية** وتضم المقرنصات والدلايات، والزخارف الهندسية والخطوط بأنواعها، وفن الرَّقْش العربي (الأرابيسك) عموماً.

ثمة مثال تطبيقي آخر جدير بالإشارة، ألا وهو «قياسات الارض»، فتشير الدراسة إلى جهد فلكيى الخليفة المأمون، وقياسات سند بن علي، وأبي الريحان البيروني، وقاضي زاده ابن الرومي، وتخلص الدراسة إلى أن القيم التي توصل إليها البيروني تنقص عن القيم المعاصرة بمقدار ٠,٩٤٪ فحسب، وهي دقة عالية جديرة بالتقدير والإعجاب.

مقدمـــة
في مكانة التراث العربي في تاريخ العلم

مقدمـــة

في مكانة التراث العربي في تاريخ العلم

١ - أهمية تاريخ العلم

مدخل

إننا ونحن نقترب من مطلع القرن الحادي والعشرين لننظر إلى كثير من الإنجازات العلمية التي توصل إليها الإنسان عَبْر مسيرة آلاف السنين نظرة بعيدة كل البعد عن الإنصاف. إن كثيراً من المفاهيم والنظريات والقوانين التي تقوم عليها علومنا الحديثة لتبدو لنا - بالنظر إلى بساطتها ومنطقيتها - وكأنها أمور بدهية لا تستوجب كل هذه الهالات من التقدير والإجلال التي نحيط بها هامات علمائنا الأجِلاَّء على مدى العصور.

كم بسيطة وطبيعية هي نظرة الإنسان المعاصر الى كروية الأرض وإلى دورانها حول نفسها وحول الشمس مرة كل حَوْل، لقد استغرق التوصل إلى هذه الحقائق آلاف السنين، ظهرت فيها نظريات متعددة، وأجريت فيها أرصاد متعاقبة، وقامت فيها خلافات وصراعات قبل أن ترسخ هذه الحقائق وتتحول بالإلف والتعود إلى أمور مسلم بها، متفق عليها لا تثير جدلا ولا دهشة ولا تدعو إلى انبهار أو عجب.

وكم بسيطة وطبيعية هي نظرة الإنسان المعاصر إلى إجراء العمليات الحسابية الأساسية من جمع وطرح وضرب وقسمة، وقد لا يخطر على البال أن مجرد الاهتداء إلى الصفر وفكرة المنزلة الخالية قد استغرق بضعة آلاف من السنين، إن فكرة منازل العدد وما يتبعها من خانات الآحاد والعشرات والمئات وما فوقها - وهي الفكرة التي كان للعرب فضل التوصل إليها - قد أحدثت تحوُّلا هائلا في طرائق الحساب، الأمر الذي دفع بالرياضيات دفعة عظيمة إلى الأمام، فإذا ما عرفنا أن ذلك لم يتم إلا في صدر الحضارة العربية، وأن الإنسان قد عاش آلاف السنين يتبع طرقا عقيمة ومطولة في حساباته، لأدركنا مدى أهمية التوصل إلى مفهوم الصفر ومنازل العدد، بل إن الإنسان ليستطيع اليوم أن يُجرى حسابات طويلة جداً ومعقدة للغاية في فترة زمنية تقاس بالثواني وبأجزائها ودون أن يبذل جهداً فكريا كبيرا، وما عليه إلاّ أن يضغط على الأزرار الصحيحة في حاسبة آلية، وحتى هذه الآلة الصغيرة قد صارت اليوم مألوفة إلى الحد الذي لا يخطر معه على بال الإنسان المعاصر ما تطلبه التوصل إليها من فكر وجهد، ولا يقع في مقدوره تصور الحجم الحقيقي لهذا الإنجاز العظيم.

إن التجارب التي قام بها بعض العلماء تتميز بقدر كبير من البساطة إلى الحد الذي يُراود الفكر فيه الاعتقاد بأنه كان في وسع المرء أن يتوصل إليها لولم يسبقه هؤلاء العلماء إلى إجرائها.

كم من مرة سقطت فيها تفاحة أمام أعين البشر قبل أن تنتبه - كما انتبه اسحاق نيوتن - إلى ظاهرة الجاذبية الأرضية، وتسعى إلى صياغة تأثيرها في قالب رياضي يُشكل ما نعرفه اليوم بالقانون الثاني للحركة؟

كم من مرة أدركت العينُ القوة الدافعة للبخار قبل أن يتوصل جيمس وات إلى السيطرة عليها وتطويعها لتوليد القدرة، مؤذنا بذلك ببدء عصر القدرة وما جلب من تكنولوجيات ونبائط ومعدات وآفاق علمية وتكنولوجية رحبة؟

إن المرء لينظر اليوم إلى رحلات الفضاء الخارجي نظرة عادية لا يشوبها تساؤل ولا تفكر، وكأن الأمر لا يعدو مجرد انتقال من مكان إلى مكان. إن الدراسات والأبحاث والإنجازات العلمية والتكنولوجية في مجال غزو الفضاء فحسب هي من الضخامة بحيث لا تتسع لوثائقها أكبر المكتبات، ناهيك عن التجهيزات والمعدات التي أُنشئت وطُورت لبناء وتسيير مركبات
الفضاء والاتصال بها والتحكم فيها، كل ذلك يبدو لإنسان القرن العشرين وكأنه أمر عادي يقرأ عنه في جريدته أو يسمع عنه أو يراه بوسائل الإعلام المختلفة، وبالقطع تخفي عليه الجهود الجبارة التي تكبدتها البشرية لكي تحقق هذا الحلم الذي راود الإنسان منذ بداوته، وملاء عليه فكره.

إن التقدير السليم والتقويم المنصف، والتفهم الصحيح، والإدراك الواعي للجهود الخلاّقة المتواصلة التي بذلها الإنسان عَبْر تاريخه الحضاري الطويل وسعيه الدَّؤب إلى اكتساب العلم والحكمة والمعرفة لا يتسنى الوصول إليه دون الدراسة المتعمقة والتحليل الدقيق للظروف والأحوال والملاُبسات التي اقترنت بتلك الجهود والمحاولات والإنجازات، ومن هنا كانت أهمية دراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا، وهي دراسة أضحت على جانب كبير من الأهمية في عصر تتلاحق فيه الاكتشافات والاختراعات، وتتوالى فيه النظريات والانجازات في عصر سريع النبض متلاحق الخطى، يكاد يتضاعف فيه حجم المعرفة كل سبع أو ثماني سنوات تقريبا وفي بعض المجالات الهندسية كالإلكترونيات كل ٤ سنوات، فلابد إذن لدراسات تاريخ العلم والتكنولوجيا من أن تُواكب هذا النمو الهائل في المعرفة والذي يؤثر بلاشك تأثيراً متزايدا على الإنسان من حيث مُقومات حياته وفكره وفلسفته ومعتقداته، ومن ثم فإن الفهم الصحيح الواعي للعلم ـ وهو الخلية الحية الدائبة النمو والتطور والاكتمال ـ يقتضي منا دراسة عميقة متصلة ومتواصلة لنموه وتطوره عبر كافة العصور والأزمان.

إن اقتفاء الاتجاهات التي أثر ويؤثر فيها العلم على حياة البشر وسعادتهم يُمكننا ـ مع دراسة واعية لامتداد هذه الاتجاهات ـ من الوقوف على الأثر المحتمل للعلم على مستقبل البشر.

دواعي دراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا

لم يكن الطريق إلى تحقيق الانجازات العلمية والتكنولوجية التي توصل اليها الإنسان في مسيرته منذ مطلع التاريخ طريقا ميسورا معبدا، بل ان الإنسان ما برح يكدح ويدأب لتعبيد الطريق سعيا إلى العلم والمعرفة، وهو طريق تكتنفه المصاعب والعقبات، ولقد تضافرت جهود الأجيال والأحقاب والقرون المتلاحقة حتى حقق الإنسان الإنجازات المذهلة التي يشهدها القرن الحالي. إن من حق الأجيال والحضارات السابقة

علينا ـ وهي التي ندين لها بالفضل ـ أن نعرف معالم الطريق الذي سلكته تلك الأجيال والحضارات، وأن نعي ما بذلته من جهد وما مرت به من تجارب لإسعاد البشرية.

ثمة أسباب أخرى تدفعنا إلى الاهتمام بدراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا نذكر منها ما يلي:

١ ـ إن نقف على تطور الفكر العلمي واتجاهاته عبر مختلف العصور والحضارات، وان نلقي الضوء على ما وصلت إليه مدارك الإنسانية حتى العصر الذي نعيش فيه، كذا على كيفية الوصول إلى هذه المدارك.

٢ ـ أن نوسع أفق المشتغلين بالعلم والتكنولوجيا من وجهة نظر تطور وتسلسل الأفكار والمفاهيم والإنجازات، وأن نؤهلهم للتفوق والامتياز والاصالة والابتكار، وذلك بالوقوف على الظروف والصعاب التي واجهت العلماء والرواد الأوائل، ودراسة ما وقعوا فيه من أخطاء او قصور، وذلك بهدف الافادة من هذه الخبرة المتجمعة والمكتسبة من هذه المحاولات والتجارب الرائدة، ومن ثم يمكن لدارسي تاريخ العلم والتكنولوجيا ان يكتسبوا قدرات عالية في معالجة المشاكل، واستنباط طرائق ومناهج جديدة في البحث والتجريب والتحليل والاستقراء، وما أصدق الحكمة القائلة: «إن الاحاطة بعلم لا تكتمل دون الالمام بتاريخه»

ولقد ثبت لدى خبراء التعليم العالي ان دراسة تاريخ العلوم هي ولاشك دراسة لازمة وضرورية، حيث ان التمكن في العلم يقتضي الوقوف على تطور الافكار والمنجزات العلمية عبر الحضارات الانسانية المتعاقبة.

٣ ـ تعتبر دراسة تاريخ العلم في حد ذاتها دراسة شيقة وطريفة، وهي تشكل عنصراً قويا وعاملا مساعدا على تنمية الميل الى البحث العلمي والاقبال على الاستزادة من ألوان المعرفة، كما أنها تضيف كثيرا الى الرصيد العلمي للدارس.

٤ ـ ان عملية متابعة التطور العلمي والتكنولوجي، واقتفاء المسارات والاتجاهات التي أثر ويؤثر فيها العلم والتكنولوجيا على حياة الناس وعلى أفكارهم ومعتقداتهم وراحتهم وسعادتهم يمكن لها ان تؤدي ـ بدراسات واعية ومتعمقة ـ الى التنبؤ بالاتجاهات المستقبلية للتطور العلمي والتكنولوجي واعداد العدة لها، ووضع التصورات والتخطيطات الملائمة لها.

٥ ـ انه بدون الدراسة الدقيقة الوثائقية لتاريخ العلم والتكنولوجيا يكون من غير الممكن أن ننسب الفضل الى صاحبه، أو أن نرده إليه، ولا أدل على ذلك من عدم الانصاف الذي تُعاني منه الانجازات العلمية والتكنولوجية العربية والاسلامية، والتي لم تلق الدراسة اللائقة بها، مما نشأ عنه اهمال او قصور أو تجن او تجاهل ـ بقصد أو بغير قصد ـ على دور العلم العربي والاسلامي في إثراء الحضارة الانسانية، ولعلنا نكون على صواب ان نحن ألقينا بالتَّبِعة واللوم في هذا الشأن على أصحاب التراث أنفسهم، فهم ولا شك على دراسته أقدر، وبإبرازه أَوْلى وأحقّ.

مظاهر الاهتمام المعاصر بدراسة تاريخ العلوم

لقد شهد القرن الحالي اهتماما أصيلا بدراسة تاريخ العلوم، وهذا أمر لا يدعو الى الغرابة، إذ أن هذا النوع من الدراسة يُعدّ بلاشك أساسا هاما يقوم عليه صرح التقدم العلمي، ومن ثمّ فإننا نشهد منذ بداية القرن العشرين تزايدا متواصلا في إنشاء الأكاديميات ومراكز البحث والمعاهد المتخصصة في تاريخ العلوم، كما وأن كثيرا من الكليات الجامعية قد أنشأت أقساما مختصة بهذه الدراسات، كذلك فقد أفردت بعض الاقسام كراسي للاستاذية في هذا المجال.

فمن المؤسسات التي أنشئت للقيام بأبحاث ودراسات متخصصة في تاريخ العلم والتكنولوجيا، نذكر على سبيل المثال لا الحصر:

- الأكاديمية الدولية لتاريخ العلوم بباريس (١).
- الأكاديمية البولندية للعلوم وتاريخ العلوم والتكنولوجيا ببولندا (٢).
- معهد تاريخ العلم بجامعة ويسكونسن بالولايات المتحدة الامريكية (٣).
- معهد ابحاث تاريخ التكنولوجيا بفينا بالنمسا (٤)
- مركز بحوث الشرق الأوسط بمدينة سولت ليك بولاية يوتاه بأمريكا (٥).
- معهد تاريخ العلوم التابع للمركز القومي للبحوث العلمية بباريس (٦).
- معهد سميثسونيان بواشنطن (٧).
- معهد تاريخ وفلسفة العلم بمؤسسة همدرد القومية بكراتشي بباكستان (٨).

ومن المؤسسات التي أنشئت خصيصا للاضطلاع بمهام دراسة تاريخ العلوم العربية والاسلامية نودُّ الاشارة الى بعضها فيما يلي:

- دائرة المعارف العثمانية بحيدر أباد الدكن بالهند.
- المجمع العلمي المصري في القاهرة.
- المجمع العلمي العراقي في بغداد.
- معهد المخطوطات العربية التابع لجامعة الدول العربية، وقد تم افتتاحه في ١٩٤٦/٤/٤ في القاهرة.
- معهد التراث العلمي العربي التابع لجامعة حلب، وقد افتتح في عام ١٩٧٤.
- المجمع الملكي لبحوث الحضارة الاسلامية (مؤسسة آل البيت) بعمان بالمملكة الأردنية الهاشمية.
- مركز الملك فهد للبحوث الطبية بجامعة الملك عبدالعزيز بجدة.
- مركز الابحاث للتاريخ والفنون والثقافة الاسلامية في استانبول بتركيا.
- معهد تاريخ العلوم العربية والاسلامية في فرانكفورت بألمانيا الغربية، وقد تم افتتاحه في ١٨ مايو ١٩٨٢.

وفضلا عن هذه المؤسسات العلمية فقد أقيمت متاحف لعرض المنجزات العلمية والتكنولوجية نذكر بعضا منها فيما يلي:

- متحف العلوم بلندن (٩).
- متحف تاريخ العلم بأكسفورد (١٠).
- المتحف الفني للصناعات والحرف بفينا بالنمسا (١١).
- متحف شتوتجارت بألمانيا الغربية (١٢).
- متحف الطيران بمدينة دالتون بالولايات المتحدة الأمريكية.
- المتحف الأمريكي الوطني - قسم تاريخ العلوم والتكنولوجيا (صناعة الحِيَل) بواشنطن بأمريكا.

هذا ولقد قامت هيئات وجمعيات علمية متعددة بالاهتمام بدراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا نذكر منها من قبيل التدليل:

- «الجمعية البريطانية لتاريخ العلوم» في انجلترا.
- «جمعية نيوكومن» في انجلترا.
- «الجمعية الأمريكية لتاريخ العلوم» في الولايات المتحدة الأمريكية.
- «الجمعية المصرية لتاريخ العلوم»، وقد تأسست في القاهرة عام ١٩٤٩م.
- «الجمعية العربية لتاريخ الصيدلة».

دوريات متخصصة في تاريخ العلم والتكنولوجيا

إن الاهتمام المعاصر بدراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا قد أدى الى صدور العديد من المؤلفات القيمة، وظهور الدوريات المتخصصة في دراسات وبحوث تاريخ العلم والتكنولوجيا نشير الى بعض منها فيما يلي من باب التمثيل فحسب:

- مجلة «إيزيس» (١٣)، وتصدر في مدينة بلتيمور بأمريكا منذ عام ١٩١٣.
- مجلة «أبحاث في تاريخ التكنولوجيا» (١٤)، وتصدر في فينا بالنمسا منذ عام ١٩٣٠.
- مجلة «حَوْلِيَّات العلم» (١٥)، وتصدر في لندن منذ عام ١٩٣٦.
- مجلة «تاريخ العلم الطبيعي والطب» (١٦)، وتصدر في كوبنهاجن بالدنمارك منذ عام ١٩٤٢م.
- «مجلة السِّجلات الدولية لتاريخ العلوم» (١٧)، وتصدر في باريس منذ عام ١٩٤٧.
- مجلة «سنتورس» (١٨)، وتصدر في كوبنهاجن منذ عام ١٩٥٠.
- مجلة «سجلات تاريخ العلوم» (١٩)، وتصدر في هايدلبرج بألمانيا الغربية منذ عام ١٩٦٠م.

أماَّ فيما يخص دوريات تاريخ العلوم العربية والاسلامية، فنذكر منها على سبيل المثال:

- «مجلة رسالة العلم»، وتصدر في القاهرة منذ عام ١٩٣٣.

- «مجلة الجمعية المصرية لتاريخ العلوم، وتصدر بالقاهرة منذ عام ١٩٥٢.
- «مجلة معهد المخطوطات العربية»، وتصدر عن جامعة الدول العربية، وقد بدأ ظهورها سنة ١٩٥٥.
- «مجلة المورد»، وتصدر في بغداد.
- مجلة «تاريخ العلوم العربية»، وتصدر عن معهد التراث العلمي العربي في حلب.
- «مجلة التراث العربي»، ويصدرها اتحاد الكتاب العرب في دمشق.

هذا قليل من كثير، سقناه لندلل على الاهمية المتزايدة للدراسات والبحوث المتعلقة بتاريخ العلم والتكنولوجيا، وهو اهتمام له مايبرره كما تقدم بيانه.

إدخال تاريخ العلم والتكنولوجيا في المقررات الدراسية

لقد تعدَّى الاهتمام بدراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا حدود الدراسات المتخصصة والأبحاث، وشق طريقه إلى قلب المقررات الدراسية في كثير من دور العلم المتقدمة، حيث أصبحت دراسة تاريخ العلم والتكنولوجيا جزءاً أساسيا من الدراسة المؤدية الى الدرجة الجامعية الاولى.

ومع بروز أهمية هذا النوع من الدراسات، والحاجة الى تضمينها للمقرارات الدراسية الجامعية، استلزم الامر انشاء اقسام استاذية متخصصة في تاريخ العلم، نسوق بعض نماذج منها فيما يلي:

- قسم تاريخ العلوم في جامعتي اكسفورد وكامبردج بانجلترا.
- قسم تاريخ العلم والتكنولوجيا بجامعة لندن.
- قسما تاريخ العلوم بجامعتي امستردام وليدن بهولندا.
- قسم تاريخ العلوم بجامعة باريس.
- قسم تاريخ العلوم بجامعة ويسكونسن بأمريكا.
- قسم تاريخ الرياضيات بجامعة براون بأمريكا.
- كرسي تاريخ العلوم العربية بجامعة هارفارد بأمريكا.

إنَّه في الوقت الذي نَلْقَى فيه كلَّ هذا الاهتمام بتاريخ العلم والتكنولوجيا في العالم الغربي، لا نكاد نجد لهذا النوع من الدراسة ذِكْراً ولا خبراً في عالمنا العربي والاسلامي، واذا كانت الدول تعني في اقل القليل بتاريخ العلوم فيها وبابراز اسهامات ابنائها في الانجازات العلمية، فإننا لا نجد حولنا حتى هذا الحد الأدنى من الاهتمام بتاريخ علومنا العربية والاسلامية.

وليس من قبيل الصدفة ولا من منطلق ترديد الشعارات التقليدية ان تصدر التوصية رقم (ثالث عشر/١) من توصيات مجلس التعليم العالي المتخذة في دورته العادية الثامنة (المنعقدة في دولة البحرين في الفترة من ٢٦ الى ٢٨ محرم سنة ١٤٠٢ هـ الموافق ٢٢ - ٢٤ نوفمبر سنة ١٩٨١م) التي تنص على ما يلي:

«دعوة جامعات أقطار الخليج العربي التي لا تقوم بتدريس مادة (التراث العربي الاسلامي بقسميه العلمي والانساني) الى ادخالها في مناهجها».

وتنبع هذه التوصية من أهمية الدور الكبير الذي يمكن ان تؤديه دراسة التراث العربي الاسلامي في إزاحة الستار عن الثراء العلمي والانساني للأمة العربية الاسلامية، وفي أثر ذلك على ربط حاضر الامة بماضيها، واكساب شباب هذه الامة ثقة وعزة وعزما على مواصلة مسيرة الاجداد الذين حملوا مشاعل النور والهداية ونشروها من المحيط الاطلسي غربا الى حدود الصين شرقا.

مسؤولية كتابة تاريخ العلوم

مما لاشك فيه أنَّ أوْلى الناس وأقدرهم على التصدي لقضية التأريخ الصحيح للعلوم هم المشتغلون بالعلوم أنفسهم، إذ أنه يتعين على مؤرخ العلوم ان يكون على بينة تامة من دقائق العلم الذي يكتب تاريخه، وهذا أمر يتسنى تحقيقه بشكل طيب في العلماء، بينما قد لا تتوافر هذه الصفة - بوجه عام - في المؤرخين السياسيين الذين تتوفر لديهم عادة خلفية ممتازة في التاريخ العام بينما يعوزهم الالمام الكافي بالجوانب العلمية والفنية للموضوع الجاري تاريخه. ومن هنا تقع على كاهل رجال العلم مسؤولية كتابة تاريخ العلوم والتكنولوجيا، كما يقع على عاتقهم ايضا بيان الآثار الناجمة عن تطورها وتأثيرها على المجتمع، وذلك حتى يفيد منها عامة المؤرخين.

لم تغب هذه المسؤولية عن بال رجال العلم، الذين أولوا دراسة تاريخ علومهم اهتماما كبيرا، فصدرت لهم دراسات وبحوث ومؤلفات كثيرة تبين وتوثق المراحل التي مرت بها علومهم، ونسوق فيما يلي نماذج قليلة لبعض هذه المؤلفات:

١ - كتاب «تطور الرياضيات»، للاستاذ أ. بِل استاذ الرياضيات بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا بأمريكا.

٢ - كتاب «تاريخ الكيمياء» للاستاذ جيمس ريديك بارتنجتون استاذ الكيمياء في جامعة لندن.

٣ - كتاب «ليوناردو والعلوم» للاستاذ فريتزشتيسي الاستاذ بكلية الهندسة في زيوريخ بسويسرا.

٤ - كتاب «تاريخ مقاومة المواد» للاستاذ س. تيموشنكو الاستاذ الشهير بجامعة ستانفورد بأمريكا.

٥ - كتاب « قصة الهندسة» للاستاذ جيمس فينش العميد السابق لكلية الهندسة بجامعة كولومبيا بأمريكا.

٦ - كتاب « تاريخ للهندسة الميكانيكية» للاستاذ بيرستول استاذ الهندسة الميكانيكية بجامعة درهام بانجلترا.

٧ - كتاب «تاريخ للعلم والتكنولوجيا» للاستاذ ر. فوربس والاستاذ ديجكستر هويس استاذي تارخ العلم بجامعتي امستردام وليدن بهولندا، وهما متخرجان اصلا من كليات علمية، حيث تخصص الاول في الهندسة الكيميائية، بينما تخصص الثاني في الفيزياء والرياضيات، ولهما مؤلفات وبحوث قيمة في تاريخ العلوم.

ومن أمثلة الكتب العربية المؤلفة في تاريخ العلم والتكنولوجيا، والتي كتبها رجال علم من العرب ما يلي:

ـ كتاب «علم الطبيعة: نشوءه ورقيه وتقدمه الحديث».
للاستاذ مصطفى نظيف استاذ الطبيعة السابق بكلية الهندسة جامعة القاهرة، وقد صدر الكتاب في القاهرة عام ١٩٢٧.
ـ كتاب «الحسن بن الهيثم: بحوثه وكشوفه البصرية».
للاستاذ مصطفى نظيف ايضا، وقد صدر الكتاب في القاهرة: الجزء الاول عام ١٩٤٢م، والجزء الثاني عام ١٩٤٣م.
ـ كتاب «تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك» للاستاذ قدري حافظ طوقان العالم الاردني.

هذه نماذج يسيرة مما كتبه العلماء في تاريخ العلم، ولعلنا نكتفي بهذا القدر في التدليل على مسؤولية رجال العلم نحو كتابة تاريخ العلوم، وهي مسؤولية يضطلعون بها فعلا.

مسؤولية تدريس تاريخ العلم والتكنولوجيا

قد يكون من المناسب ونحن نعرض لقضية مسؤولية القيام باعداد وتدريس المقررات الخاصة بتاريخ العلم والتكنولوجيا أن نشير الى الاراء والاشتراطات التي وضعها الاستاذ جورج سارطون (٢٠) رائد تاريخ العلم فيمن يعتبره مؤهلا للقيام بأداء هذه المهمة.

يقول سارطون إنه بمقارنة مجال «تاريخ العلم» بمجالين آخرين موازيين له هما «تاريخ الفن» و«تاريخ الاديان» او «الدراسة المقارنة للأديان»، فإننا نجد أنه بينما يجري تدريس المجالين الاخيرين في كل جامعة بواسطة مدرسين واساتذة كفاة، فإن الامر يختلف تماما بالنسبة لمجال «تاريخ العلم» الذي يشكو من نقص في هيئة التدريس المؤهلة تأهيلا جيدا للقيام بمسؤولياته، ويحدد سارطون عدة أمور هامة نذكرها بايجاز فيما يلي:

١) تدريس تاريخ العلم يحتاج الى تفرغ تام، وفي هذا الصدد يقول سارطون إنه أمضى ٣٥ عاما من عمره في دارسة موضوع تأريخ العلم ويعتقد انه بعد هذه المدة بدأ لتوه يعرف عنه.

٢) يتحتم على مدرس تاريخ العلم أن تكون لديه معرفة عميقة وخبرة طويلة في احد فروع العلم تُعززها معلومات عامة في الفروع المختلفة الأخرى.

٣) يتعيَّن على مدرس تاريخ العلم أن يكون ذا خلفية وتوجه تاريخي، وأن يكون ملما بمناهج دراسة التاريخ، كما يجب عليه أيضا ان تكون لديه خلفية واهتمامات فلسفية.

٤) يكون تقويم استاذ تاريخ العلم ـ شأنه في ذلك شأن غيره من الاساتذة ـ على أساس امكانياته الذاتية في اجراء البحوث، وفي تدريب غيره على القيام بها، وفي نشاطه في نشر البحوث الاصيلة.

٥) يجب ان تكون المحاضرة نابعة من فيض دافق من العلم والمعرفة والخبرة التي اكتسبها الاستاذ، وألا تكون ترديدا لمعلومات تقليدية معروفة غير موثقة.

٦) إنَّ مجال تاريخ العلم هو مجال جدُّ متَّسِع، تتباين فيه طرائق التدريس من حيث نواحي الاهتمام والتركيز والابراز، ومن ثم كانت حتمية التباين في مقررات الاساتذة المختصين بهذا المجال، ولا غرو فتاريخ العلم يجمع بين كل التاريخ وكل العلم.

٧) لما كان من المتعذَّر بل ومن المحال تغطية تاريخ العلم من كافة ناحيه وجوانبه نظرا لاتساع مجاله كما سبق وأن أشرنا، فإن الأمر يستدعي اختيارا من جملة الموضوعات والجوانب، وهذا الاختيار سيختلف من استاذ الى آخر، كما سيتباين من فصل دراسي الى آخر، وإن كانت هناك بعض موضوعات أساسية تفرض طبيعتها واهميتها الابقاء عليها في المقرر خارج نطاق الاختيار.

٨) يتعيَّن على استاذ تاريخ العلم ان يدأب على تطعيم مقرراته بموضوعات جديدة، ودراسات محدثة، وتحقيقات أصيلة، وتحليلات دقيقة.

٩) لا يتأتى لاستاذ ان يقوم بتدريس تاريخ العلم بأكمله حتى لو امتدت دورة محاضراته لعشر سنوات، ومن ثم كانت أهمية التنويع والاختيار للموضوعات المختلفة في مجال تاريخ العلم حتى يعطى الدارس صورة متكاملة متوازنة لطبيعة تاريخ العلم وحدوده وفلسفته وطرائق البحث فيه.

١٠) نظرا لترامى مدى تاريخ العلم واتساع نطاقه وتنوُّعه وتعقُّده، فإنَّ معالجته تجري على محاور ثلاثة هي: الزمان، والمكان، والموضوع، أو بعبارة أخرى: التسلسل التاريخي، والموقع الجغرافي، والمعرفة العلمية.

١١) لا يمكن إحداث إضافة حقيقية ذات بال إلا بواسطة علماء متخصصين في هذا النوع من الدراسات، فالأبحاث في تطوُّر الرياضيات مثلا لا تتسنى إلا للمشتغلين بالرياضيات، ومن هنا كانت الاضافات في تاريخ العلم خاضعة لحدود وقيود، بينما يجب ألا يسري ذلك على تدريس تاريخ العلم.

١٢) يتعين على استاذ تاريخ العلم أن يثبت تمكنه ليس في العلم البحت فحسب بل وفي التاريخ ايضا، كما يجب ان يثبت قدرته على تعليل نمو وتطور العلم، كما يقتضي الامر ان يكون ملما إلماما طيبا بمناهج البحث التاريخي، وأنواع المصادر والوثائق وكيفية استخلاص الحقائق منها.

هذه نظرة سريعة لموضوع على جانب كبير من التشعُّب، قصدنا بها بيان أهمية «تاريخ العلم والتكنولوجيا»، والأسباب التي تدعونا الى دراسته والاهتمام به، وقد أشرنا الى بعض مظاهر الاهتمام المعاصر بهذه الدراسة، وما قامت به الدول المتقدمة في هذا الشأن، وقد ختمنا هذه العجالة بالحديث عن مسؤولية كتابة تاريخ العلم، وعن ضرورة إدخاله في المقررات الجامعية، كما ألمحنا إلى الصفات والمؤهلات التي يجب أن تتوافر في القائمين على تدريسه، ولعلنا بهذه الداسة المقتضبة نكون قد وفقنا في توجيه العناية الى مجال على جانب كبير من الأهمية، ولعلَّ الله يمنح الأمة العربية الاسلامية القدرة والعزيمة على أن تتخطى كَبْوَتَهَا، وتُعيد تاريخ مُنْجَزاتها العلمية، في عصر يتّسم بتسخير الذَّرة وغزو الفضاء.

٢ ـ التراث العربي وحضارة العصر(*)

مولد الحضارة العربية الإسلامية

إنه مع تدهور الامبراطورية الرومانية، مرت على أوروبا عشرة قرون من الزمان تعرف القرون الخمسة الأولى منها (حوالي ٥٠٠ الى ١٠٠٠م) بالعصور المظلمة، حين شهدت أسوأ فتراتها في القرنين التاسع والعاشر للميلاد، وفيها أخذت كل من حضارة الاغريق وحضارة الرومان في الاندثار، وذلك في وقت كانت فيه الحضارة العربية ـ التي ولدت في القرن السابع الميلادي ـ تسعى بخطوات حثيثة نحو عصرها الذهبي.

إن الحضارة الأوروبية الحديثة التي شهدت مولدها الفترة الممتدة من حوالي القرن الثاني عشر الى القرن الخامس عشرة الميلاديين قد قامت ـ دون منازع ـ على أكتاف الحضارة العربية، وإن التاريخ المنصف لتطور العلوم لابد وأن يتوقف طويلا عند منجزات الحضارة العربية وأثرها البالغ على الحضارة المعاصرة، إذ لو لم تقم تلك الحضارة العربية لضاع تماما تراث الاغريق، ولضاع معه كثير من تراث الفرس والسريان وأهل الهند، ولتأخر بلاشك مولد الحضارة المعاصرة عدة مئين من السنين.

سادت الحضارة العربية الاسلامية العالم المتحضر زهاء ثمانية قرون (٧٠٠ ـ ١٥٠٠م)، وقد امتدت رقعتها من بلاد الهند شرقا الى بلاد المغرب واسبانيا غربا، وكان لهذه الحضارة الأثر البالغ في حفظ ونقل تراث الاغريق، ولو أن فضل الحضارة العربية اقتصر على ذلك لكان فضلا عظيما في حد ذاته، فما بال فضل العرب والمسلمين فيما استحدثوا وطوروا وأضافوا وقدموا في فروع المعرفة ومجالات العلم وألوان الفن، فعن الحضارة الاسلامية أخذت أوروبا علوم الحساب والجبر والفلك والطب والصيدلة والفيزياء والكيمياء والنبات وغيرها من العلوم الحديثة، وقد تألق نجم الحضارة العربية في عصرها الذهبي الذي شهده القرنان العاشر والحادي عشر للميلاد، في وقت كانت فيه أوروبا ترزح في حُلل الجهل وغياهب الظلام.

حركة الترجمة والنقل

إن حركة ترجمة أمهات الكتب الاغريقية الى اللسان العربي، تلك الحركة التي أولاها الخليفة المأمون (٨١٣ ـ ٨٣٣م) اهتماما بالغا، كانت عاملا رئيسا في حفظ تراث الاغريق ودراسته واستيعابه، ولا غرو فالخليفة المأمون هو الذي أسس «بيت الحكمة» في بغداد، وجمع فيه علماء أفاضل للقيام بهذه المهمة، وهي بداية منطقية تماما تنبه لها الخليفة المأمون، فالحكيم هو الذي يبدأ بدراسة متعمقة واعية لأعمال من تقدمه قبل أن يشرع في الاضافة اليها من فكرة وفنه وجهده.

(*) راجع «تراثنا العربي وتاريخ العلم» للدكتور جلال شوقي، مقال منشور بمجلة الثقافة العربية، طرابلس ـ ليبيا ـ سنة ١٩٧٥م.

ظهور العبقريات العربية الإسلامية

لقد كانت حركة الترجمة ونقل علوم الأولين حافزا عظيما على إقبال العرب والمسلمين على الاشتغال بالعلوم الاسلامية والاهتمام بها والاضافة اليها، فلا عجب إذن أن تظهر - على مسرح الحضارة العربية الاسلامية الممتد من الهند شرقا الى المحيط الأطلسي غربا - عبقريات عربية كثيرة، نذكر منها على سبيل الاشارة والتمثيل: محمد بن موسى الخوارزمي (ت: ٨٥٠م)، ومؤلفاته في الحساب والجبر والمقابلة غنية عن التعريف، وأبا بكر محمد بن زكريا الرازي (٨٦٤ - ٩٣٢م)، وقد برع في الكيمياء والطب، وأبا الريحان البيروني (٩٧٣ - ١٠٥١م) ذلك العالم الموسوعي الذي كاد أن يضيف الى كافة فروع المعرفة على عصره، والحسن بن الهيثم (٩٦٥ - ١٠٣٩م) رائد علم البصريات، والشيخ الرئيس ابن سينا (٩٨٠ - ١٠٣٧م) الذي اشتهر في الشرق والغرب بنبوغه في الطب والفلسفة.

هذا ويبين شكل (١/أ) مخططا لتعاقب الحضارات والأعلام، وذلك من حوالي - ٥٠٠ (٥٠٠ ق.م) الى حوالي ١٥٠٠م، حين كان نجم الحضارة العربية الاسلامية آخذا في الأفول ليبزغ مكانه نجم الحضارة الغربية التي قامت على أكتاف الحضارات السابقة عليها، وفي مقدمتها الحضارة الإسلامية.

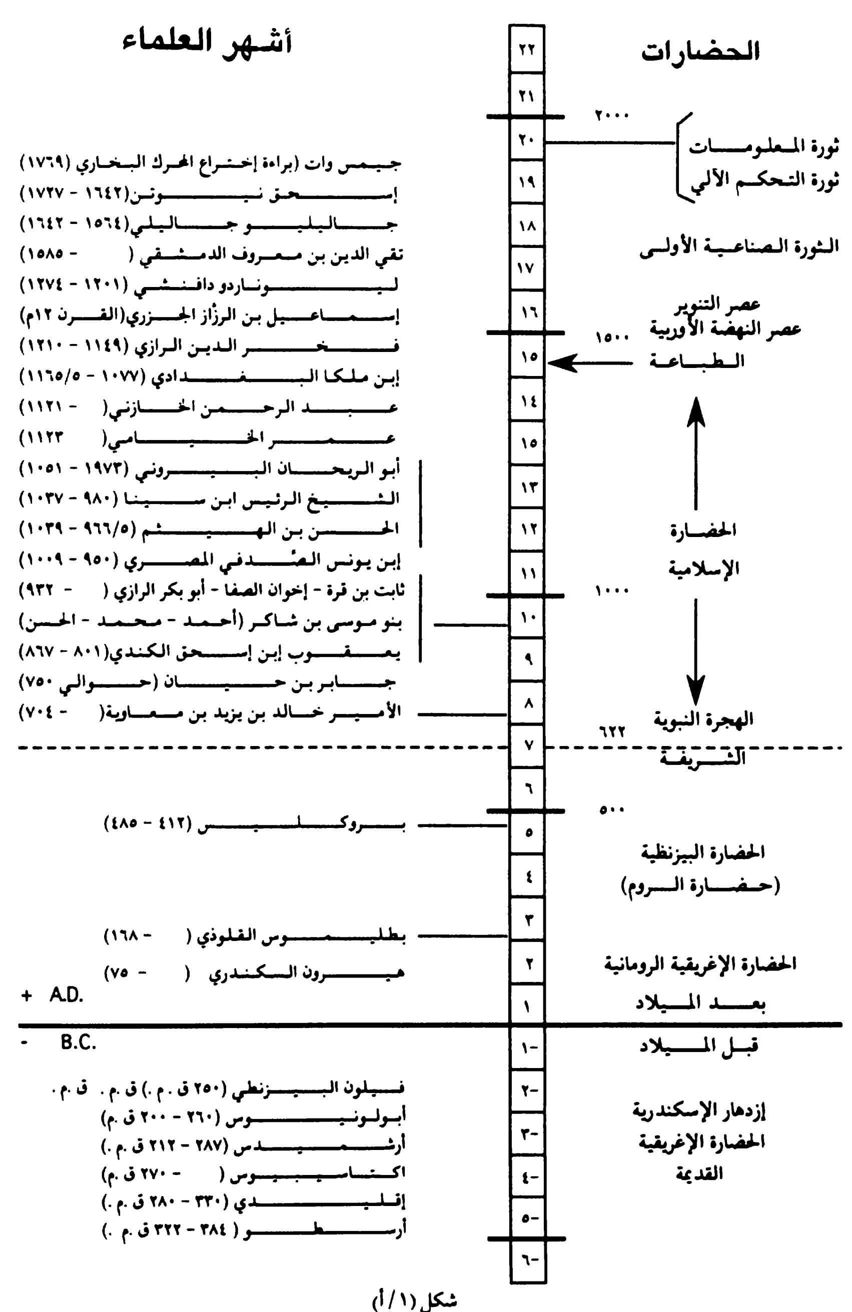
أسماء أعلام المسلمين في اللغات الغربية

إنه مع سيادة العلم العربي دخلت أسماء بعض أعلام علماء العرب والمسلمين في اللغات الغربية، فنجد أن اسم «الخوارزمي» قد ظهر بصور متعددة منها:

Algorismus Algorismi Algoritmi	في اللغة اللاتينية، وتعني الأعداد
Algorithm	في اللغة الانجليزية
Algorithmus	في اللغة الألمانية
Guarismo	في اللغة الاسبانية

كل هذه الألفاظ هي بلاشك مشتقة من اسم «الخوارزمي» العلّامة العربي في الجبر والحساب، ولقد تعلمت أوروبا طريقة الترقيم العربية (نظام المنازل من آحاد وعشرات ومئين وآلاف الخ) وما أدخلته على العمليات الحسابية المعقدة آنذاك من تبسيط وتيسير ووضوح ودقة، وذلك عن طريق الكتاب الذي صنفه ليوناردو بيزانو[1] أو أوفيبوناتشي ونشره في إيطاليا سنة ١٢٠٢م، فأدخل به الحساب العربي والأرقام العربية الى أوروبا، ودخل معها اسم الخوارزمي في معاجم كثيرة في الغرب، ويطلق هذا الاسم في عصرنا الحالي على منهج أو نظام أو أسلوب متسلسل علمي لحل مشكلة.

(١) Leonardo Pizano or Fibonacci



شكل (١/أ)

مخطط لتعاقب الحضارات والأعلام من حوالي (٥٠٠ ق.م الى ١٥٠٠م)

أسماء عربية تدخل المصنفات اللاتينية

ثمة أسماء عربية كثيرة اتخذت صورا لاتينية، وذلك عند نقل الأعمال العربية الى اللاتينية، لغة علوم الغرب حتى عصر التنوير، ونسوق فيما يلي أمثلة من الصور اللاتينية للأسماء العربية:

ـ جابر بن حيان الكوفي الصوفي	Geber
(ت: حوالي ٢٠٠هـ = ٨١٥م)	Jaber
ـ الخوارزمي[١]	Algorismus
أبو موسى محمد بن أحمد الخوارزمي	Algorismi
ازدهر في الفترة: ٨١٣ ـ ٨٣٣م (فترة حكم المأمون)	Algoritmi
(ت: حوالي ٢٣٦هـ = ٨٥٠م).	
ـ الفرغاني (ابن كثير الفرغاني)	Alfraganus
(كان حيا سنة ٢٤٧هـ = ٨٦١م).	
ـ حنين بن اسحق[٢]	Johannitius
العبادي، أبوزيد	
أشهر مترجمي عصر الترجمة	
(١٩٤ ـ ٢٦٠هـ) = (٨٠٩ ـ ٨٧٣م)	
ـ الكندي، فيلسوف العرب	Alkindus
يعقوب بن اسحق الكندي	Alquindus
(١٨٥ ـ ٢٦١هـ) = (~ ٨٠١ ـ ~ ٨٧٤م)	
ـ أبومعشر البلخي[٣]	Albumasar
(ت: ٢٧٢هـ = ٨٨٦م)	
ـ أبوبكر الحسن بن الخريب	Albubacer
من علماء التنجيم بفارس، ازدهر في القرن الثالث	
الهجري = القرن التاسع الميلادي.	

(١) بروكلمان: جـ ٤، ص ١٦٢.
(٢) بروكلمان: جـ ٤، ص ١٠٣.
(٣) بروكلمان: جـ ٤، ص ٢٠٥.

- البتاني[1] — Albatenius / Albategnius
أبوعبدالله محمد بن جابر بن سنان البتاني
(حوالي ٢٤٤ - ٣١٧هـ) = (حوالي ٨٥٨ - ٩٢٩م)

- الرازي — Raghensis, (كذا) Raphensis, Razes, (Fili Zachariae)
أبوبكر محمد بن زكريا الرازي
(٢٤٠ - ٣٢٠هـ) = (٨٥٤ - ٩٣٢م)

- الفارابي، المعلم الثاني — Alpharabius
أبونصر، محمد بن طرخان — Alfharabius / Alpharabium / Alpharabii
صاحب «تصنيف العلوم»
(٢٦٠ - ٣٣٩هـ) = (٨٧٤ - ٩٥١/٥٠م)

- القبيصي[2] — Alcabitius
أبو الصقر القبيصي
(ت: ٣٥٦هـ = ٩٦٧م)

- علي بن عباس الأهوازي المعروف بالمجوسي — Hally Abbas
(ت: ٣٨٤هـ = ٩٩٤م)

- أبوالقاسم الزهراوي[3] — Abulcasis / Albucasis
(ت: حوالي ٤٠٤هـ = ١٠١٣م)
أعظم جراحي الحضارة الاسلامية، ألّف موسوعة طبية، وقد ازدهر في قرطبة على عهد عبدالرحمن الثالث.

- الشيخ الرئيس ابن سينا — Avicenna
العالِم الرياضي الطبيب الفيلسوف
(٣٧٠ - ٤٢٨هـ) = (٩٨٠ - ١٠٣٧م)

- الحسن بن الهيثم، أبوعلي — Alhazen
عالم البصريات المعروف
(٣٥٤ - ٤٣٠هـ) = (٩٦٥ - حوالي ١٠٣٩م)

---

(١) بروكلمان: جـ ٤، ص ٢١٣.
(٢) بروكلمان: جـ ٤، ص ٢١٩.
(٣) بروكلمان: جـ ٤، ص ٣٠٠.

- ابن أبي الرجال[1] Abenragel

أبوالحسن علي بن أبي الرجال الشيباني الكاتب

المغربي القيرواني.

(ت: بعد ٤٣٢هـ = بعد ١٠٤٠م).

- البيروني Biruni

أبوالريحان محمد بن أحمد البيروني

العالم الموسوعي.

(٣٦٢ ـ ٤٤٣هـ) = (٩٧٣ ـ ١٠٥١م)

- ابن جبرول Avencebrol – Avicebron

فيلسوف يهودي عاش في سرقسطة

(حوالي: ٤١٢ ـ ٤٥٠هـ) = (حوالي ١٠٢١ ـ ١٠٥٨م)

- ابن حزم Ben Hazm

علي بن أحمد بن سعيد بن حزم الظاهري، أحد أئمة الاسلام، عاش في قرطبة،

وهو صاحب كتاب «الفصل في الملل والأهواء والنّحل».

(حوالي: ٣٨٤ ـ ٤٥٧هـ) = (حوالي ٩٩٤ ـ ١٠٦٤م)

- ابن الزرقاله القرطبي عالم فلك عاش في قرطبة Arzachel

(كذا الزرقال والزرقالي وابن الزرقيال Arzacel, Arcahelio, Azarchel, Azarquie, Arzachalens

(حوالي ٤٢٠ ـ ٤٩٣هـ) = (حوالي ١٠٢٩ ـ ١١٠٠م)

- الغزالي، الامام حجة الاسلام Algazel

أبوحامد محمد بن محمد بن محمد الغزالي

(٤٥٠ ـ ٥٠٥هـ) = (١٠٥٨ ـ ١١١١م)

- الخيام أو الخيامي Al-Khayyam

أبوالفتح عمر بن ابراهيم الخيامي (Omar Khayyam)

النيسابوري

(٤٣٦ ـ ٥١٧هـ) = (١٠٤٤ ـ ١١٢٣م)

- ابن باجه الأندلسي Avempace

كان بارعا في الرياضيات والفلك،

---

(١) بروكلمان: جـ ٤، ص ٢٢٥.

عاش في غرناطة وسرقسطة وفاس.

(حوالي ٥٠٠ - ٣/٥٣٤هـ) = (حوالي ١١٠٦ - ٨/١١٣٩م)

- ابن زُهر، أبومروان — Avenzoar

من عائلة بني زهر الشهيرة، نبغ في الطب.

ولد في اشبيلية

(٤/٤٨٧ - ٧/٥٥٨هـ) = (٩١/١٠٩٤ - ١/١١٦٢م)

- طبيب مسيحي من أصل مسلم — Alcoatim

ازدهر حوالي سنة ٥٩/١١٦٠م في طليطلة.

- البَطْروجي (البتْروغي) — Alpetragius

نورالدين أبواسحق

تلميذ ابن طفيل - كتب في الهيئة

(ت: حوالي ٥٨١هـ = ١١٨٥م)

- ابن رشد — Averroës

أبوالوليد محمد بن أحمد بن محمد المالكي — Averroès

ولد في قرطبة، ونبغ في الفلسفة والطب

(٥٢٠ - ٥٩٥هـ) = (١١٢٦ - ١١٩٨م)

- جابر بن أفلح الأندلسي — Geber (The Astronomer)

عالم في الرياضيات والفلك، عاش في اشبيلية

في القرن السادس الهجري.

(ت: ٥٤٠هـ = ١١٤٥م)

- ابن ميمون — Maimonides

أبوعمران موسى بن ميمون بن عبدالله الإسرائيلي

الأندلسي القرطبي، اشتغل بالطب

(٥٢٩ - ٦٠٥هـ) = (١١٣٥ - ١٢٠٨م)

صاحب «دلالة الحائرين»، وكتاب «الشرائع»

و«شرح أسماء العقار».

الترجمات اللاتينية للكتب العربية

إن البحوث الأصيلة التي قدمها علماء العرب والمسلمين الى العالم هي في الواقع من أهم أسس الحضارة المعاصرة، ولقد ترجمت علوم العرب والمسلمين أول ما ترجمت الى اللغة اللاتينية، وعن هذه الترجمات انتقل العلم العربي الى أوروبا، ومن الكتب الشهيرة التي ظهرت لها ترجمات لاتينية نذكر على سبيل المثال لا الحصر الكتب الآتية:

- «كتاب الحاوي في الطب» لأبي بكر الرازي.
- «كتاب الزيج» - ويحتوي على كتب فلكية - لمحمد بن موسى الخوارزمي، وقد ظهرت ترجمته اللاتينية سنة ١١٢٦م.
- «كتاب الجبر والمقابلة» للخوارزمي أيضا، وقد نشرت ترجمته اللاتينية سنة ١١٤٥م.
- «القانون في الطب» للشيخ الرئيس ابن سينا، وقد ظهرت ترجمته اللاتينية سنة ١٤٧٣م، وظلت هذه الترجمة المرجع الأول في الطب في جامعات أوروبا حتى منتصف القرن السابع عشر.
- «كتاب المناظر» للحسن بن الهثيم، وقد ظهرت ترجمته اللاتينية سنة ١٥٧٣م بعنوان: «الذخيرة في علم الأوبطيقي للهازن»، ولفظ الهازن هو الاسم المحرف للحسن بن الهيثم، وعن طريق هذه الترجمة تعلمت أوروبا علم الضوء.

ولقد ساعدت على وصول علوم العرب والمسلمين الى أوروبا عوامل كثيرة منها حركة التجارة بين الشرق والغرب، والحروب الصليبية (القرن الثاني عشر للميلاد)، ورحلات المثقفين من أوروبا الى بلاد الأمة الاسلامية للوقوف على علوم العرب وثقافتهم، كما ساعد على ذلك أيضا تبادل الحدود بين العرب والأوروبيين لاسيما في اسبانيا.

إن مذكرات كثير من علماء الغرب تتضمن إشارات واضحة الى المؤلفات والمصنفات العربية التي اطلعوا عليها أو كانوا يقتنون نسخا منها في مكتباتهم الخاصة، فإن ليوناردو دافينشي (١٤٥٢ - ١٥١٩م) مثلا قد ذكر في أحد المجلدات[1] التي خلّفها وراءه قائمة بأسماء الكتب التي كان يقتنيها قبل مغادرته لميلانو، وقد جاء فيها اسم كتاب في الصحة للعالِم العربي المسلم أبي بكر بن زكريا الرازي مترجما الى اللاتينية.

كذلك وصلت الى ليوناردو دافينشي بحوث الحسن بن الهيثم في الضوء منقولة في كتاب العالِم البولوني فيتلو الذي وضعه حوالي سنة ١٢٦٠م، وقد اطلع ليوناردو على هذا الكتاب في مكتبة بافيا سنة ١٤٩٠م.

---

(١) Codex Atlanticus, 210 r., 225 V. 225 r.b.

وهذا المجلد محفوظ بمكتبة الامبروزيانا بميلانو.

راجع كتاب «عبقرية ليوناردو دافينشي في الهندسة» للدكتور جلال شوقي، نشر مكتبة الانجلو المصرية بالقاهرة، سنة ١٩٦٤م.

وتدل مذكرات ليوناردو دافينشي مرة أخرى على اطلاعه على بعض مؤلفات الشيخ الرئيس الحسين بن عبدالله بن سينا، ورسائل فيلسوف العرب يعقوب بن اسحاق الكندي (ت: ٨٧٣م).

ثمة مثال آخر هو ما قرره الباحث أنطونيو فافرو من وجود نسخة من ترجمة ريزنر اللاتينية لكتاب «المناظر» لابن الهيثم في المكتبة الخاصة بالعالم الايطالي جاليليو جاليلي (١٥٦٤ ـ ١٦٤٢م)، وبالتالي فإن جاليليو كان على بيِّنة من أعمال الحسن ابن الهيثم في الضوء وفي الميكانيكا[1].

إن تأثير علماء العرب والمسلمين على الغرب كان جد عظيم، وإن هذا التأثير البالغ للعلم العربي على الحضارة المعاصرة لن تتحدد معالمه قبل أن تدرس آلاف المخطوطات العربية التي تزخر بها خزانات الكتب العامة والخاصة في كافة أنحاء العالم، تلك الدراسة التي تستلزم منا تضافر الجهود على مستوى الدول ومراكز البحث والمجامع والجامعات والهيئات والأفراد.

الألفاظ العربية تغزو اللغات الغربية

لاشك أن الحضارة العربية الاسلامية قد تركت آثارا وبصمات واضحة ومؤثرة على الحضارة المعاصرة، بل إن كثيرا من الألفاظ العربية قد غزت اللغات الغربية، حيث نجد مئات بل آلاف الألفاظ العربية قد شقت طريقها الى اللغات الأوروبية، ونشير فيما يأتي الى بعض أمثلة من مظاهر ذلك العطاء الحضاري.

كلمة «الجبر»

وقد استعملها علماء العرب والمسلمين بمعنى جبر الكميات السالبة الى كميات موجبة، وقد شقت هذه الكلمة طريقها الى معاجم العالم للدلالة على هذا العلم الذي أرسى قواعده العلامة العربي «الخوارزمي»، وتتخذ هذه الكلمة الصور الآتية:

Algebra : في اللغة الانجليزية،

Algèbre : في اللغة الفرنسية،

Algebra : في اللغة الالمانية.

كلمة «صفر»

هذه الكلمة العربية تعني الخلاء أو الخلو، وتعبير صفر اليدين غني عن المقال، وهي في المفهوم الرياضي نقطة التحول من الموجب الى السالب، وكذا بالعكس، وقد تحورت هذه الكلمة فأخذت عدة صور في اللغات المختلفة نبين أشهرها فيما يأتي:

---

(١) راجع كتاب «تراث العرب في الميكانيكا» للدكتور جلال شوقي، نشر عالم الكتب بالقاهرة، سنة ١٩٧٣م، صفحة ٥٤.

Zephirum

في اللغة اللاتينية

Cifra

Zero Cyphre Cyfre Cipher	في اللغة الانجليزية
Zéro Chiffre Cifre	في اللغة الفرنسية
Zepiro Cifra	في اللغة الايطالية

ولما أدخل جوردانس نيموراريوس[1] الحساب العربي الى ألمانيا حوالي سنة ١٢٢٥م، ظهرت كلمة الصفر في اللغة الألمانية في لفظ « Cifra »، ثم ما برحت تتحور حتى وصلت الى اللفظ المعاصر « Ziffer ».

كلمة «الكيمياء»

يقول محمد بن احمد بن يوسف الخوارزمي الكاتب (ت: ٣٨٧ هـ = ٩٩٧م) في كتابه «مفاتيح العلوم»: «اسم هذه الصناعة «الكيمياء»، وهو عربي، واشتقاقه من كمي يَكْمِي، اذا ستر واخفى، ويقال كمي الشهادة اذا كتمها».

وهناك من يُرجع اصل هذه الكلمة الى الاصل المصري القديم Kmt, Chem بمعنى التربة السوداء، كذا للأصل الاغريقي Chyma .

وقد ظهرت كلمة «الكيمياء» في اللغات الغربية على النحو الآتي:

Alchemy, Chemistry : في اللغة الانجليزية.

Chemie : في اللغة الفرنسية.

Chemie : في اللغة الايطالية.

Chemie : في اللغة الالمانية.

ومن الكلمات العربية ـ في مجال الكيمياء ـ التي شقت طريقها الى الغرب، نذكر على سبيل المثال:

---

(١) Jordanus Nemorarius

الانبيق «جهاز للتقطير» : Limbick, Alembic

الكحول ـ الغول : Alcohol

القلي (قلوي) خواص قاعدية : Alkali

الجماعة (ملغم : زئبق + معدن) : Amalgam/ Amalgama

نيل ـ نيلة : Aniline

قندي = سكري : Candy

ألفاظ علم الفلك

إنّ المشتغلين بعلم الفلك يعلمـون تمام العلم أن الفـاظـا عديدة من مسميات النجوم والكواكب والأجهزة الرصدية والمواصفات الفنية وغيرها مما يندرج تحت لواء الفلك تنحدر من أصول عربية، ونقدم فيما يأتي بعض أمثلة لذلك[1] :

ـ العضادة : في اللغة الانجليزية Alidade

وفي اللغة الالمانية : Alhidade

ـ المُقَنْطَرَاتَ : Almuqantarat

ـ النظير: Nadir

(الجهة المقابلة للسمت).

ـ السَّمْت والجمع سموت Azymuth

(نقطة في الفلك ينتهي إليها الخط الخارج من مركز الأرض على استقامة قامة الشخص).

ـ الاكليل : Ichlil

ـ القائد : Alkaid

ـ الكاس : Alkes

ـ الفرق : Alphirk

ـ الشماريخ : Alshamarish

ليس هذا مجال الافاضة في التدليل عل عظم فضل علماء العرب والمسلمين على الحضارة الحديثة، ولا في تفصيل غزو العلم العربي للغات الغرب، اذ أن مثل هذا العمل يستغرق ولا شك سنوات عديدة من الدرس والبحث، وتنتج عنه مجلدات ضخمة لتسجيل انجازات الحضارة العربية الاسلامية، وانما قصدنا هنا

(١) راجع كتاب «بسائط علم الفلك» للدكتور صروف، سنة ١٩٢٣م.

الى مجرد الاشارة الى ان علوم العرب تُشكّل أهمَّ الدعائم التي قامت عليها الحضارة المعاصرة، وأن تاريخ العلم لابد له وان يتوقف طويلا عند الحضارة العربية الاسلامية لكي يقوِّم منجزاتها تقويما منصفا ويرد اليها مكانتها المرموقة بين الحضارات ذات التأثير البالغ في مسيرة الحضارة الانسانية.

مصادر التراث العربي

ضمت خزائن الكتب ـ ابان الحضارة العربية الاسلامية ـ درر المخطوطات التي حوت أعلى ما وصل إليه الفكر في ذلك الوقت، وانتشرت خزانات الكتب العامة على رقعة العالم الاسلامي، نذكر منها على سبيل المثال:

- مكتبة «بيت الحكمة» ببغداد.
- مكتبات النجف الأشرف.
- مكتبات الشام: مكتبة سيف الدولة بحلب، وأبي الفدا بحماه، والظاهرية بدمشق.
- مكتبة دار الحكمة بالقاهرة.
- مكتبة الجامع الأزهر الشريف بالقاهرة.
- مكتبات بني عمار بطرابلس.
- مكتبة الجامع الاعظم بالقيروان.
- مكتبة الجامع الكبير بمكناس.
- مكتبة الزهراء بقرطبة.

ولقد تعرضت الأمة الإسلامية لمحن وتقلبات وغزوات وغارات بلغت ذروتها على أيدي التتار بقيادة هولاكو الذي أمر باحراق كنز الكتب العربية في بغداد. انه من المؤسف حقا ان يضيع او يتلف جانب كبير من التراث العربي، وما نجا منه وجد طريقه الى خارج الوطن العربي، حيث نقلت ـ في عصر العثمانيين ـ اثمن المخطوطات إلى تركيا لتزدان بها مكتباتها، كما أن جانباً كبيراً من المخطوطات العربية وصل الى بلاد الغرب في وقت انحدرت فيه الحضارة العربية، وازدهرت فيه الحضارة الاوروبية، فنقل الباحثون والمهتمون بكنوز الشرق الشيء الكثير من المخطوطات العربية الى مكتبات الغرب في غفلة من ورثة الحضارة العربية الاسلامية.

وبازدخار مكتبات أوروبا بأمهات الكتب العربية، وتزايد الاهتمام بها، بدأت حركة الاستشراق في القرن التاسع عشر، وتوالي ظهور دراسات المستشرقين في العلم العربي من أمثال سوتر H. Suter، وسخاو E. Sachau، وبروكلمان Brockelmann، وفيدمان E. Wiedemann، ومتز Metz، وكرلو نللينو Carlo Nallino، وبول كراوس Paul Kraus، وليتمان Lithmann، وألدو ميلي Aldo Mieli، وفؤاد سزكين F.

Sezgin ، وديتريش Dietrich ، وسيجريد هونكه Huncke ، وغيرهم . فلا عجب ـ والحال كذلك من تواجـد المخـطوطـات وتوافر المهتمين بدراستها ـ أن نقرأ عن تراثنا العربي أول ما نقرأ في كتب المستشرقين ودورياتهم المختصة بتاريخ العلوم .

هذا ويقدر عدد المخطوطات العربية المنتشرة في كافة أنحاء العالم بحوالي مليون مخطوطة عدا النسخ المكررة منها، وفي الوقت الذي صدرت فيه عن بعض خزائن الكتب العامة فهارس تضم بيانات كاملة ودقيقة عما تحويه من مخطوطات، فإن الكثير من خزائن الكتب مازالت تفتقر الى مثل هذه الفهارس، وما من شك في أن النقاب لم يكشف بعد عن آلاف المخطوطات العربية القيمة ، كما وأن تحقيق ودراسة ما نعرف عن وجوده من المخطوطات ما برح في أول الطريق .

ولقد صدرت خلال العقدين الأخيرين كتب تبين معالم الطريق الى مصادر التراث العربي في مكتبات العالم شرقه وغربه، كما صدرت ولاتزال تصدر فهارس للمخطوطات العربية .

إن خريطة انتشار المخطوطات العربية في العالم تأخذ رويدا رويدا في الاتضاح، من ذلك ما نشر منذ بضع سنين عن المخطوطات العربية الموجودة في الاتحاد السوفييتي (جدول ١)، بيد أننا لا نتوقع أن تكون هذه الاحصائية هي الكلمة الاخيرة في حصر كنوز المعارف العربية الموجودة في الاتحاد السوفييتي، ولسوف ينكشف وجود مخطوطات عربية في أماكن متفرقة من العالم، ولعل الصورة تتكامل بشكل أسرع في عصر الثورة المعرفية والمعلوماتية .

قومية التراث العربي

إن تراث الأمة يقع منها موقع القلب من الجسد، فبدون القلب لا تكون حياة، وحياة الأمة في نشاطها الحضاري، وتراثها جزء من هذا النشاط المستمر والجهد المتواصل عبر تاريخ الأمة الطويل .

إن من حق الأجداد علينا أن نعرف ونعي الدور المجيد الذي قامت به الحضارة العربية الاسلامية في إرساء دعائم الحضارة الحديثة، وإنه لمن الضروري حقا أن نقدم للأجيال الصاعدة صورة واضحة القسمات محددة المعالم للانجازات العربية الاسلامية، ولا غرو فهي نسب الأمة وحسبها .

ليست القومية العربية قضية سياسية فحسب، وإنما هي قضية تاريخ مشترك، ومصير مشترك، وتراث مشترك، ولغة مشتركة، وقيم مشتركة .

ليست القومية العربية مجرد تحرك سياسي لجمع الشمل وتوحيد الصف وتحقيق الهدف، وإنما القومية العربية أعمق من هذا المفهوم وأشمل .

إن القـومية العـربية تعبـير عن أمـة واحـدة وإن تعـددت أمصـارهـا، وتبـاينت نظمها الاجتماعية والاقتصادية، هي تعبير عن تكوين واحد وإن اختلفت بعض مظاهره، وإن صورة هذا التكوين يجب أن

جدول (١)

بيان تقديري بالمخطوطات الموجودة في الاتحاد السوفييتي(*)

الموقع	العدد التقريبي للمخطوطات العربية	ملاحظـات
معهد المخطوطات الأرمينية (القسم العربي) في مدينة أرمينيا	٤٠,٠٠٠	فُهرس منها حوالي الربع
معهد الدراسات الشرقية بمدينة طشقند (بجنوب الاتحاد السوفييتي)	١٦,١٦٩	فُهرس بعضها فقط
كلية اللغات الشرقية بمدينة لينينجراد	١٠,٨٠٠	
معهد باكو بولاية أذربيجان	١٠٠٠٠	مخطوطات ووثائق فُهرس بعضها
معهد داغستان	٣,٠٠٠	كلها مفهرسة
المكتبة العامة بمدينة لينينجراد	١,٥٠٠	
معهد جيورجيا	١,٥٠٠	
مكتبة لينين بمدينة موسكو	٢٠٠	كلها مفهرسة
الكلية الشرقية بجامعة لينينجراد	٢٠٠	
المجموع	٨٣٣٦٩ مخطوطا	

(*) عن الدكتور ميخائيل بتروفسكي (معهد الدراسات الشرقية التابع لأكاديمية العلوم السوفييتية ـ فرع لينينجراد).
راجع «أخبار التراث العربي» ـ الكويت ـ ابريل ١٩٨٣م.

تكون واضحة كل الوضوح، يرسمها تراث الأمة عبر تاريخ طويل وجهد شاق.

لا يكفي أن نرفع شعار القومية العربية من فوق المنابر، وإنما يجب أن ننفذ الى جذور القومية العربية، وأن نكشف عن أعماقها وأغوارها.

إن الكشف عن الأسس الحضارية للقومية العربية لا يقل أهمية عن النشاط السياسي للتجمع العربي، وإن إحياء التراث العربي يثبت دعائم القومية العربية، ويجلو مفهومها، ويبعث على الاعتزاز بماضيها، والثقة في حاضرها، والتفاؤل في مستقبلها.

العناية بالتراث العلمي العربي

قد يكون التراث العلمي العربي من أروع جوانب تراثنا الحضاري، ومع ذلك فإن نصيبه من الاهتمام كان ولايزال يسيرا. صحيح أن بعض المستشرقين الفضلاء قد قدموا دراسات قيمة ومنصفة في تراثنا العلمي، إلا أنه لابد من الاعتراف بأن مسؤولية إحياء التراث العربي تقع في المقام الأول على عاتق أصحاب التراث أنفسهم، ومازلنا بعد في بداية الطريق.

وجدير بنا أن نشير هنا الى بعض ما أنجزه علماء العرب والمسلمين في مجال تحقيق ودراسة المخطوطات العلمية العربية، فنذكر بكل تقدير واعتزاز فضل كل من الأستاذ مصطفى نظيف والأستاذ عبدالحميد صبره في أبحاثهما عن الحسن بن الهيثم وتحقيقهما وشرحهما لكتابه «المناظر»، كذلك نذكر جهد الأستاذ علي مصطفى مشرفه والأستاذ محمد مرسي أحمد في تحقيق كتاب «الجبر والمقابلة» للخوارزمي من المخطوطة الوحيدة المحفوظة في مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد، كما نشيد بالكتاب الذي وضعه الأستاذ قدري حافظ طوقان بعنوان «تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك»، ويضم بين دفتيه سجلا لعلماء العرب في هذا المجال، وبيانا بأهم منجزاتهم فيه، كما نذكر تحقيقات الأستاذ أحمد سعيد الدمرداش في بعض أعمال أبي الريحان البيروني، ومسعود بن جمشيد الكاشي، ومحمود الفلكي.

ونشيد أيضا بجهود مجموعة من علماء العرب والمسلمين ممن قاموا بدراسات قيمة في التراث العلمي العربي منهم ـ على سبيل المثال لا الحصر ـ الأساتذة عمر فروخ، وسيد حسين نصر، وأحمد سعيدان، ومحمد السويسي، وحكيم سعيد، ورشدي راشد، وخليل جاويش.

كل هذه ولاشك جهود صادقة وعميقة ومخلصة، بيد أنها محاولات فردية نابعة من علماء أفاضل يؤمنون بالتراث العلمي العربي، ويقدرون تمام التقدير الأهمية البالغة لاحيائه حتى تتضح معالم الانجازات العلمية العربية، ويتخذ التراث العربي وضعه الصحيح في تاريخ العلوم.

لقد تعالت ومازالت تتعالى أصوات مؤمنة بتراثنا العلمي، تدعو وتلح في الدعوة الى مزيد من الاهتمام به. أما آن الأوان بعد أن ننظر الى هذا التراث على أنه من أهم دعائم القومية العربية، فنقيم معاهد أو مراكز متخصصة في تحقيقه ودراسته على المستوى القومي.

أما حان وقت العمل المثمر الجاد في دعم أسس القومية العربية، وهل تصح قومية دون تراث؟

دعوة نقدمها لكل الشعوب والدول العربية المؤمنة بتراثها، الساعية حقا الى الذود عن قوميتها، المتطلعة الى مستقبل مشرق يعيد الأمجاد الرائعة الى أصحاب التراث العربي العظيم.

إن تاريخ العلوم لن يستقيم أو يكمل دون التقويم المنصف لمنجزات الحضارة العربية الاسلامية، حقيقة أوضح من أن يلزمها برهان، أو يقام عليها دليل، حقيقة يقدرها كل من يؤمن بحضارة الانسان، ذلك المخلوق الذي شرفه الله، فخلقه على صورته، ونفخ فيه من روحه، وعلمه ما لم يعلم.

٣ ـ تقسيم العلوم عند الأوائل

اهتم علماء العرب والمسلمين منذ بداية حضارتهم بضبط مفاهيم العلوم، وتوصيفها توصيفا مفصلا، وتقسيمها تقسيما دقيقا، ولعل الفارابي[1] كان من أوائل السباقين في هذا المضمار، إذ ينسب اليه كتاب في إحصاء العلوم نال تقدير أهل العلم في الشرق والغرب على السواء، بما حوى من تعريف وتصنيف وتبويب لكافة العلوم المعروفة عند الأوائل.

تقسيم العلوم عند الفارابي

يقسم الفارابي مصنفه الموسوم «مقالة في إحصاء العلوم» الى خمسة فصول هي:

الفصل الأول: في علم اللسان وأجزائه من اللغة والنحو والصرف وغيرها،

الفصل الثاني: في علم المنطق وأجزائه، وعن هذا العلم يقول المصنف الفاضل هو «الصناعة التي نستفيد منها قوة نقف بها على ما هو حق بيقين، وما هو باطل بيقين».

الفصل الثالث: في علم التعاليم، ويقصد به العلم الرياضي، وينقسم عند الفارابي الى سبعة أجزاء عظمى هي:

١ ـ علم الأرثماطيقي، أو علم العدد.
٢ ـ علم الجومطريا، أو علم الهندسة (بحسب كتاب «الأصول» لأقليدس).
٣ ـ علم المناظر، أي علم البصريات، أو علم دراسة الضوء.
٤ ـ علم النجوم، ويعرف بهذا الاسم علمان: أحدهما علم أحكام النجوم أو علم التنجيم، والثاني علم النجوم التعليمي، أو الأسطرنوميا، أو علم الهيئة (هيئة السماء)، أو علم الفلك، وهو الذي يدخل في عداد علم التعاليم.
٥ ـ علم الموسيقى النظري بأجزائه العظمى الخمسة.
٦ ـ علم الأثقال من حيث النظر في تقديرها بالموازين، والنظر في الآلات والوسائل المستخدمة في معالجتها من رفع وتحريك ونقل.
٧ ـ علوم الحيل، وتشمل الحيل العددية، والحيل الهندسية وهي كثيرة، وهي عموما صنعة الآلات التي تنشأ لتحقيق أغراض معينة.

---

(١) هو فيلسوف العرب والمعلم الثاني (بعد أرسطو) أبونصر محمد بن محمد بن طرخان، وينتمي الى ولاية «فاراب» مسقط رأسه في بلاد الترك فيما وراء النهر، ومن ثم سمي بالفارابي، عاش في الفترة: (٢٥٩ ـ ٣٣٩هـ) = (٨٧٢ ـ ٩٥٠م).

الفصل الرابع : في العلم الالهي والعلم الطبيعي

أما العلم الالهي فيراد به ما وراء الطبيعة ، أو الميتافيزيقا ، وهو كله في كتاب أرسطو «فيما بعد الطبيعة» .

وأما العلم الطبيعي أو الفيزيقي ، فإنه ذلك العلم الذي يبحث في الأجسام الطبيعية والصناعية ، من حيث موادها وأشكالها وسلوكها وأعراضها ومراتبها وكيفياتها الخ .

يعرض الفارابي في هذا الفصل لكتب أرسطو المعروفة في هذا المجال، وتضم الكتب الآتية في العلم الطبيعي :

١ ـ السماع الطبيعي .

٢ ـ السماء والعالم .

٣ ـ الكون والفساد .

٤ ـ الآثار العلوية .

٥ ـ كتاب المعادن .

٦ ـ كتاب النبات .

٧ ـ كتاب الحيوان .

٨ ـ كتاب النفس .

الفصل الخامس : ويشتمل على ثلاثة علوم هي :

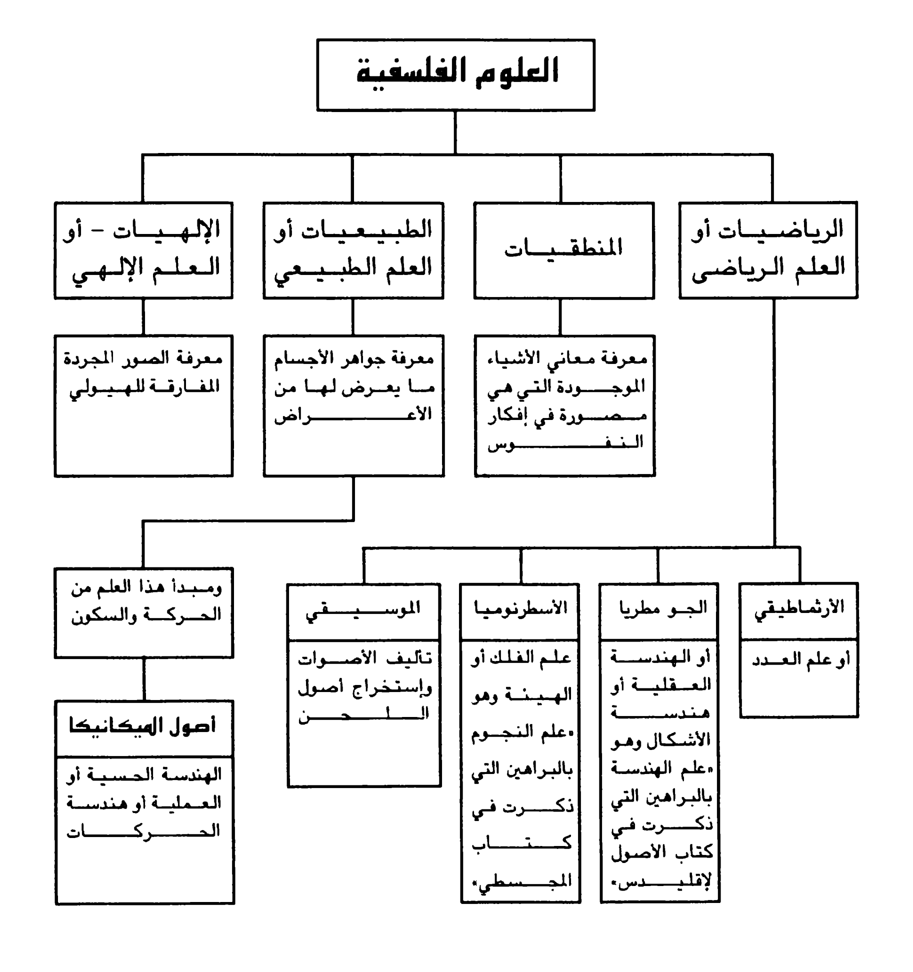
١ ـ **العلم المدني**، ويقصد به علم الأخلاق وعلم السياسة، ويشير الفارابي هنا الى كتاب «الجمهورية» لأفلاطون، وكتاب «السياسة» لأرسطو.

٢ ـ **علم الفقه**، وهو العلم الذي يمكن من استنباط الأمور من الأصول، أي تقدير شيء لم يسبق تحديده استنادا الى الأشياء التي جاءت عند واضع الشريعة مقدرة محددة .

٣ ـ **علم الكلام**، وهو العلم الذي تصير به نصرة الآراء التي يستعملها الفقيه أصولا دون أن يهدف ذلك الى استنباط أشياء أخرى، ويشتمل علم الكلام على استخدام الحجج والبراهين لابطال الأقاويل المخالفة .

هذا بيان الفصول الخمسة التي أشار اليها الفارابي في مؤلفه القيم «مقالة في إحصاء العلوم»، وعن هذا الكتاب يقول الفارابي في صدر تعريفه : «وبهذا الكتاب يقدر الانسان على أن يقايس بين العلوم ، فيعلم أيها أفضل، وأيها أنفع ، وأيها أتقن وأوثق وأقوى، وأيها أوهن وأوهى وأضعف . . » .

ولقد ظل هذا التقسيم للعلوم سائدا لعدة قرون ، فنجده مثلا يكاد يحافظ على طابعه تماما عند إخوان الصفا في القرن ٤هـ = القرن ١٠م، كما يبين ذلك من شكل (١/ب) .



شكل (١/ب)
تقسيم العلوم عند الأوائل (عند إخوان الصُفا مثلاً)

الحيل الهندسية عند الفارابي

يعرض أبونصر الفارابي في مقالته في إحصاء العلوم للحيل الهندسية، وهو موضوع عظيم الأهمية في دراستنا الحالية، فيسوق أمثلة من هذه الحيل على النحو الآتي:

«ومنها الحيل الهندسية، وهي كثيرة:

منها: صناعة رياسة البناء،

ومنها: الحيل في مساحة أصناف الأجسام،

ومنها: حيل في صنعة آلات نجومية، وآلات موسيقية، وإعداد آلات لصنائع كثيرة عملية، مثل القسي، وأصناف الأسلحة،

ومنها: الحيل المناظرية في صنعة آلات تسدد الابصار نحو إدراك حقيقة الأشياء المنظور اليها، البعيدة منها، وفي صنعة المرايا، وفي الوقوف من المرايا على الأمكنة التي ترد الشعاعات بأن تعطفها أو تعكسها أو تكسرها. . ومن ها هنا أيضا يوقف على الأمكنة التي ترد شعاعات الشمس الى أجرام آخر، فتحدث من ذلك صنعة المرايا المحرقة والحيل فيها.

ومنها: حيل في صنعة أوان عجيبة، وآلات لصنائع كثيرة.

فهذه وأشباهها هي علوم الحيل، وهي مبادىء الصناعات المدنية العملية التي تستعمل في الأجسام والأشكال والأوضاع والترتيب والتقدير، مثل الصنائع في الأبنية والنجارة وغيرها.

فهذه هي التعاليم وأصنافها».

هندسة الأشكال

مدخل: تعريف وتقسيم

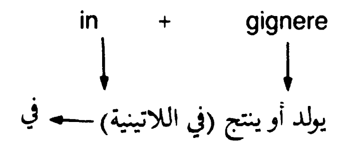
لعلنا ـ ونحن في بدء حديثنا عن الهندسة ـ أن نرد هذا اللفظ الى كلمة «هنداز» أو «إنداز» بمعنى معيار ومقياس، ومنها كلمة «المهندز»، وهو الذي يقدر مجاري القنى والأبنية، وتنحدر هذه الألفاظ من أصل فارسي. ولما كان كلام العرب لا يقبل زايا تتقدمها دال، صيروا الزاي سينا، فقالوا «مهندس»، والاسم «هندسة»، فالكلمة إذن معربة وترتبط بالقياس.

وتطلق كلمة هندسة على تكوين الأشكال والأسطح والمجسمات، وهو المجال الذي يطلق عليه في الغرب « Geometrie »، « Geometry » ويرجع في أصله الى كلمة «جومطريا» أو «جيومطريا»، وهي الكلمة الاغريقية التي كان يستعملها الاغريق للدلالة على هذا النوع من النشاط الفكري ضمن إطار الرياضيات، وقد أخذها العرب كما هي في بداية حضارتهم قبل أن يبدلوا بها كلمة «هندسة».

ثمة مجال آخر تطلق عليه «هندسة»، ويقصد به ما يعرف في الغرب بكلمة « Engineering » وهو مجال التأصيل والتطبيق في بناء الأشياء وتشغيلها واستغلالها والتحكم فيها وتسخيرها لتحقيق أغراض مادية، ويتضمن ذلك الافادة من المصادر الطبيعية وتطويعها لخدمة الانسان والمجتمع، وينقسم هذا المجال الى تخصصات عديدة منها الهندسة العسكرية، والهندسة المدنية، والهندسة الميكانيكية، والهندسة الكهربائية، والهندسة الكيميائية وغير ذلك.

وسوف نعرض في هذه الدراسة لكلا المجالين، أقصد هندسة العلم الرياضي (Geometry)، وهندسة الصنائع أو صنعة الهندسة (Engineering)، وذلك في الحضارة الاسلامية.

ولعله من المناسب أن نشير هنا الى أن كلمة (Engineering) مأخوذة من كلمة (Engine)، وكان يقصد بها (an ingenious Device) أي وسيلة مبتكرة أو ذكية أو عبقرية، إذ أن كلمة « ingenious » تأتي من:



أي أن الأفكار الذكية أو النابهة تتولد في ذهن الرجل العبقري، وبالتالي فكلمة Engineering قصد بها مجال الفكر المبدع.

تقسيم الهندسة

قسم علماء العرب والمسلمين مجال «الهندسة» الى قسمين ظلا يتداولان على هذا النحو طيلة الحضارة الاسلامية، وهما:

١ ـ الهندسة العقلية

وهي التي تعرف وتفهم، أو هي التي تسمى «الهندسة النظرية»، وتدخل في نطاق العلم الرياضي.

٢ ـ الهندسة الحسية أو المادية أو العملية

وهي التي ترى بالعين، وتدرك باللمس، ويفاد منها عمليا، أي الهندسة التطبيقية.

فبينما تقع أصولها في علم الميكانيكا (الميخانيقا) أو «علم السكون والحركة»، ويرد ذكره في جملة العلم الطبيعي، تدخل تطبيقاتها العملية فيما أسماه العرب «بعلم الحيل»، مثل كيفية الاحتيال لجر أو لرفع الأجسام الثقيلة، أو لرفع الماء الى جهة العلو، أو لتوليد الحركة (القدرة)، أو لمعرفة ساعات الليل والنهار، وما الى ذلك من آلات وأدوات تبنى للفائدة أو للتسلية.

وتضم الهندسة الحسية أيضا الصناعات المختلفة كصناعة البناء، وعمارة المساكن والمساجد والمرافق، وشق القنوات، وما الى ذلك من أعمال التعمير.

ويقول إخوان الصفا (من القرن ٤هـ = القرن ١٠م) في الرسالة الثانية من القسم الرياضي (الموسومة بجومطريا في الهندسة وبيان ماهيتها)[١] :

«فاعلم يا أخي، أيدك الله وإيانا بروح منه،
أن النظر في الهندسة الحسية يؤدي الى الحذق في الصنائع العملية كلها،
والنظر في الهندسة العقلية يؤدي الى الحذق في الصنائع العلمية . . »

ولعله من المناسب ـ في هذه الدراسة ـ أن نطلق على النوع الأول من الهندسة ـ نظرا لطبيعته ـ «هندسة الأشكال»، وهي هندسة ـ في مجملها ـ ساكنة، وتقابل كلمة (Geometry) في الغرب.

أما النوع الثاني والمقابل لكلمة (Engineering) فربما كان من الأوفق أن نسميه «هندسة الحركات»، أو «هندسة الأفعال» أو «هندسة العمليات»، وهي هندسة تقوم أساسا على الحركة والتغيير.

وبينما يحدد شكل (١) موقع العلوم والمعارف الهندسية على خريطة «العلوم الفلسفية»، يعرض شكل (٢) لفروع الهندسة بشقيها، أعني:
هندسة الأشكال، (الهندسة الساكنة).
هندسة الحركات، (الهندسة الحركية).

الهندسة عند المتأخرين

لعله من المناسب هنا أن نعرض بالاشارة الى مفهوم الهندسة عند علمائنا المتأخرين، فنسوق هنا بعض أقوال محمد علي الفاروقي التهانوني (من القرن ١٢هـ = ١٨م) في الهندسة، وذلك في كتابه الموسوم: «كشاف اصطلاحات الفنون»[٢] :

علم الهندسة

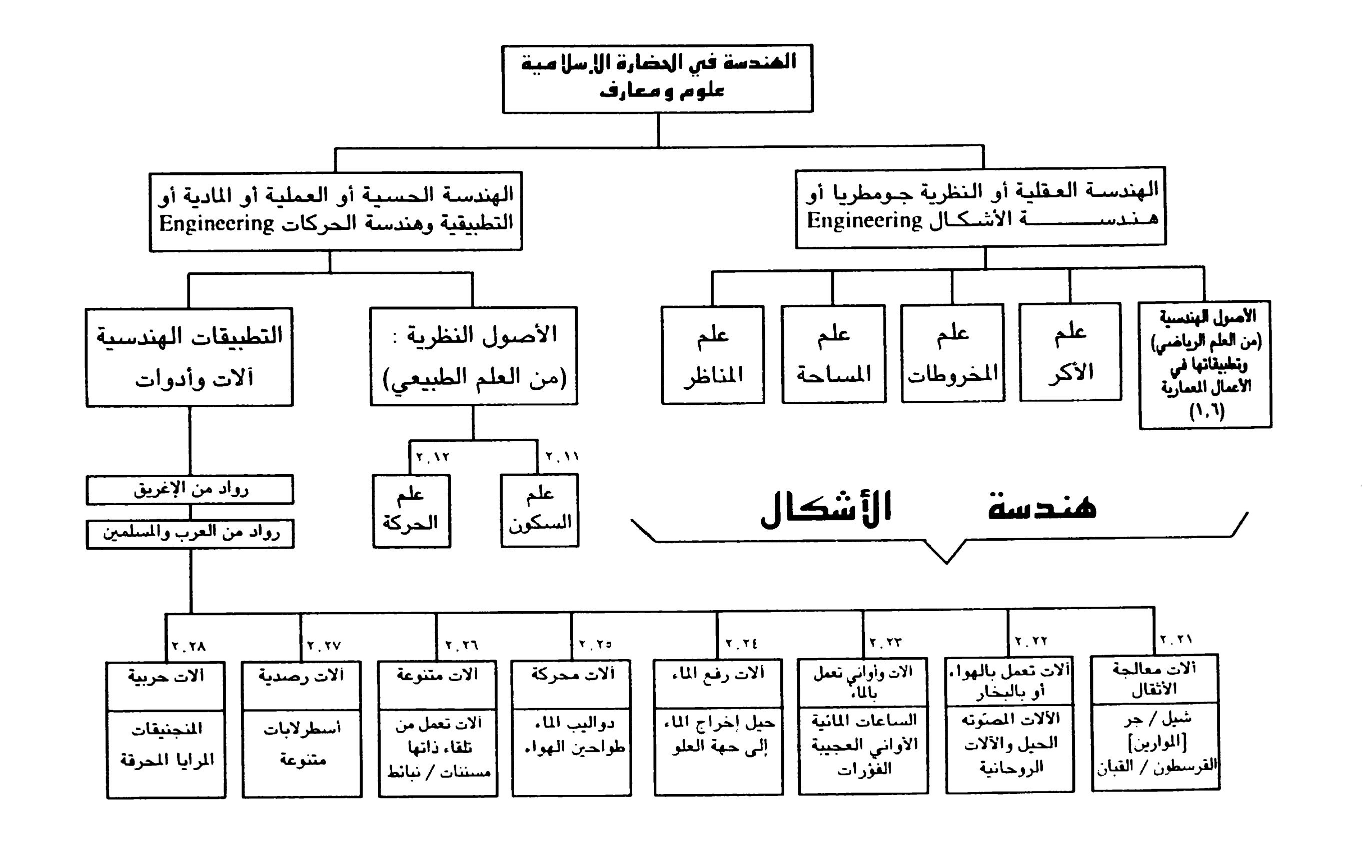
هو من أصول الرياضي، وهو: علم يبحث فيه عن أحوال المقادير من حيث التقدير، على ما في شرح أشكال التأسيس.

فقوله: من حيث التقدير، أي لا من حيث كون المقدار موجودا أو معدوما، عرضا أو جوهرا ونحو ذلك.

والهندسة معرب إندازه، فأبدلت الألف الأولى بالهاء والزاي بالسين، وحذفت الألف الثانية فصارت هندسة، ووجه التسمية ظاهر.

---

(١) كتاب «رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا»، طبعة دار صادر ودار بيروت، سنة ١٣٧٦هـ = ١٩٥٧م، المجلد الأول، صفحة ١٠١.
(٢) الجزء الأول، سنة ١٣٨٢هـ = ١٩٦٣م، الصفحات: ٦٤ ـ ٦٦.



شكل (٢)

تقسيم العلوم والمعارف الهندسية الى هندسة عقلية ونظرية (جومطريا)، وهندسة حسية أو عملية أو تطبيقية.

وموضوعه: «المقدار الذي هو الكم المتصل من حيث التقدير».
وفي إرشاد القاصد للشيخ شمس الدين:

«الهندسة هو علم تعرف به أحوال المقادير ولواحقها، وأوضاع بعضها عند بعض، ونسبها وخواص أشكالها، والطرق الى عمل ما سبيله أن يعمل بها، واستخراج ما يحتاج الى استخراجه بالبراهين اليقينية.

وموضوعه: المقادير المطلقة، أعني الجسم التعليمي، والسطح، والخط، ولواحقها من الزاوية والنقطة والشكل.

وأما العلوم المتفرعة عليه فهي عشرة:
(علم عقود الأبنية) و(علم المناظر) و(علم المرايا المحرقة) و(علم مراكز الأثقال) و(علم المساحة) و(علم إنباط المياه) و(علم جر الأثقال) و(علم البنكامات) و(علم الآلات الحربية) و(علم الآلات الروحانية).

وذلك لأنه إما يبحث عن إيجاد ما يتبرهن عليه في الأصول الكلية بالفعل أولا، والثاني: إما يبحث عما ينظر اليه أو لا، الثاني علم عقود الأبنية، والباحث عن المنظور اليه إن اختص بانعكاس الأشعة فهو علم المرايا المحرقة، وإلا فهو علم المناظر، وأما الأول، وهو ما يبحث عن إيجاد المطلوب من الأصول الكلية بالفعل، فإما من جهة تقديرها أو لا، والأول منها إن اختص بالثقل، فهو علم مراكز الأثقال، وإلا فهو علم المساحة، والثاني منها: فإما إيجاد الآلات أولا، الثاني علم استنباط المياه، والآلات إما تقديرية أو لا، والتقديرية إما ثقيلة وهو جر الأثقال، أو زمانية، وهو علم البنكامات، والتي ليست تقديرية، فإما حربية أو لا، الثاني علم الآلات الروحانية، والأول علم الآلات الحربية، فنرسم هذه العلوم على الرسم المتقدم.

علم عقود الأبنية

وهو علم تتعرف منه أحوال أوضاع الأبنية، وكيفية شق الأنهار وتنقية القنى، وسد البثوق، وتنضيد المساكن، ومنفعته عظيمة في عمارة المدن والقلاع والمنازل، وفي الفلاحة.

علم المناظر

وهو علم تتعرف منه أحوال المبصرات في كميتها وكيفيتها، باعتبار قربها وبعدها عن الناظر، واختلاف أشكالها وأوضاعها، وما يتوسط بين الناظر والمبصرات، وعلل ذلك.

ومنفعته: معرفة ما يغلط فيه البصر عن أحوال المبصرات، ويستعان به على مساحة الأجرام البعيدة، والمرايا المحرقة أيضا.

علم المرايا المحرقة

وهو علم تتعرف منه أحوال الخطوط الشعاعية المنعطفة والمنعكسة والمنكسرة ومواقعها وزواياها ومراجعها، وكيفية عمل المرايا المحرقة بانعكاس أشعة الشمس عنها، ونصبها ومحاذاتها، ومنفعته بليغة في

محاصرات المدن والقلاع .

علم مراكز الأثقال

وهو علم تتعرف منه كيفية استخراج مركز ثقل الجسم المحمول، والمراد بمركز الثقل حد في الجسم عنده يتعادل بالنسبة الى الحامل، ومنفعته كيفية معادلة الأجسام العظيمة بما هو دونها لتوسط المسافة.

علم المساحة

وهـو علم تتعرف منه مقادير الخطوط والسطوح والأجسام، وما يقدرها من الخط والمربع والمكعب، ومنفعته جليلة في أمر الخراج، وقسمة الأرضين، وتقدير المساكن وغيرها.

علم استنباط المياه

وهو علم تتعرف منه كيفية استخراج المياه الكامنة في الأرض واظهارها، ومنفعته إحياء الأرضين الميتة وافلاحها.

علم جرِّ الأثقال

وهو علم تُتبيَّن منه كيفية جر الآلات الثقيلة، ومنفعته نقل الثقل العظيم بالقوة اليسيرة.

علم البنكامات

وهو علم تتبيَّن منه كيفية ايجاد الآلات المقدِّرة للزمان، ومنفعته معرفة اوقات العبادات، واستخراج الطوالع من الكواكب، وأجزاء فلك البروج.

علم الآلات الحربية

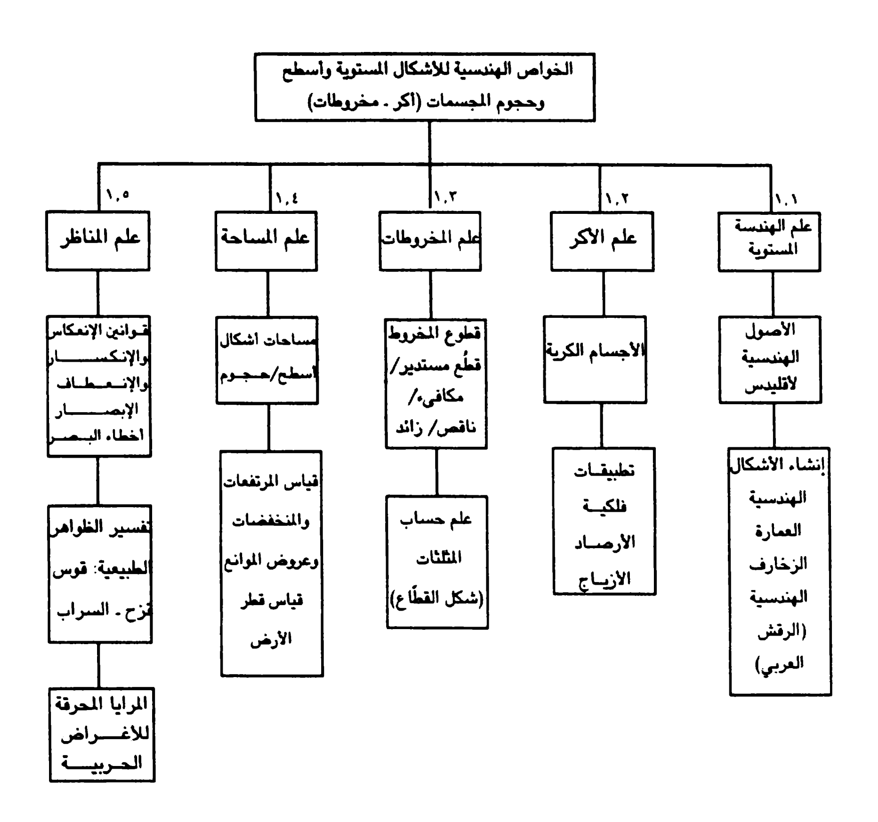
وهو علم تُتبيَّن منه كيفية ايجاد الآلات الحربية كالمجانيق وغيرها، ومنفعته شديدة الغناء في دفع الأعداء وحماية المدن.

علم الآلات الروحانية

وهـو علم تُتبيَّن منه كيفية ايجاد الآلات المرتبة على ضرورة عدم الخلاء ونحوها، من آلات الشراب وغيرها. ومنفعته ارتياض النفس بغرائب هذه الآلات.

انتهى.»

من هذه النصوص يتبين أن «الهندسة» كانت تُطلق بالفعل على كل من «هندسة الأشكال» (الجومطريا) بفروعها المختلفة: الأصول والأكر والمخروطات والمساحة والمناظر، كما كانت تُطلق ايضا على «هندسة الحركات» (Engineering) بجوانبها النظرية والتطبيقية من آلات ومعدات. وبينما تتبع هندسة الأشكال العلم الرياضي، تنتمي هندسة الحركات للعلم الطبيعي كما هو مبين بشكل (٢).



شكل (٣)
علم الهندسة وفروعه وتطبيقاته في الحضارة الإسلامية

الهندسة العقلية أو الهندسة النظرية

ـ مدخل: تعريف وتقسيم

يُبيِّن شكل (٣) فروع الهندسة المختصة بالأشكال، والتي أطلق عليها العرب تسمية: جومطريا، أو الهندسة العقلية، أو الهندسة النظرية.

ونفضل أن نطلق عليها تسمية «هندسة الأشكال» حيث إنها تختص بالمجال الذي يبحث في الخواص الهندسية للأشكال المستوية ولأسطح وحجوم المجسمات كالكرة والأسطوانة والمخروط والمكعب وما إليها، وذلك من ناحيتي الأسس والتطبيقات في الحياة العامة، ويضم هذا الجانب من «الهندسة» خمسة فروع هي:

١,١ ـ علم الهندسة المستوية وتطبيقاته في إنشاء الأشكال الهندسية، كذا في مجال العمارة، والزخارف الهندسية، والخطوط.

١,٢ ـ علم الأكر، وتطبيقاته في مجال الفلك.

١,٣ ـ علم المخروطات، وتطبيقاته في حساب المثلثات، وفي حل المعادلات الرياضية.

١,٤ ـ علم المساحة وتطبيقاته في تحديد الملكيات، وقياسات الارتفاعات والعروض، والقياسات الكونية.

١,٥ ـ علم المناظر وتطبيقاته في تفسير الظواهر المرئية، وعمل المرايا المحرقة وما الى ذلك.

١,١ ـ الأصول الهندسية

يُعرِّف ابن خلدون[١] «العلوم الهندسية»[٢]، فيقول في مقدمته[٣]: «هذا العلم هو النظر في المقادير:
ـ إما المتصلة كالخط والسطح والجسم.
ـ وإما المنفصلة كالاعداد، وما يعرض لها من العوارض الذاتية مثل أن كل مثلث فزواياه مثل قائمتين، ومثل ان كل خطين متوازيين لا يلتقيان في وجه، ولو خرجا الى غير نهاية..»

١,١,١ ـ كتاب «الأصول» أو «الأركان»

والكتاب المشهور في هذا العلم هو كتاب أقليدس (٣٣٠ ـ ٢٧٥ ق.م)، ويسمى: «كتاب الأصول» أو «كتاب الأركان».

ولعله أول ما ترجم من كتب الاغريق، أيام أبي جعفر المنصور[٤]، وقد اختلفت ترجماته مع اختلاف المترجمين، ومنهم:

---

(١) عاش في الفترة من ٧٣٢ الى ٨٠٨هـ = (١٣٣٢ ـ ١٤٠٦م)

(٢) يقصد بها الجومطريا: Geometry

(٣) طبعة دار الفكر. صفحة: ٤٨٥.

(٤) أبو جعفر المنصور العباسي، تولى الخلافة من سنة ١٣٦ الى سنة ١٥٧هـ = (٧٥٤ ـ ٧٧٥م)

١ ـ الحجاج بن يوسف بن مطر (١٧٠ ـ ٢٢٠ هـ) = (٧٨٦ ـ ٨٣٥ م).
٢ ـ ثابت بن قرَّة الحراني الصابي (٢٢١ ـ ٢٨٨ هـ) = (٨٣٥ ـ ٩٠٠م).
٣ ـ حنين بن اسحق العِبَادِيّ (١٩٤ ـ ٢٥٩ هـ) = (٨٠٩ ـ ٨٧٣م).

وقد قام الحجاج بن يوسف بن مطر بالترجمة والتعليق على «كتاب الأصول» لاقليدس مرتين على النحو الآتي:

ـ الترجمة الاولى وسميت «بالنقل الهاروني»
ـ الترجمة الثانية وعرفت «بالنقل المأموني».

اذ تمت الترجمة الأولى في عهد هارون الرشيد بينما تمت الثانية في عهد الخليفة المأمون (١٩٨ ـ ٢١٨ هـ) = (٨١٣ ـ ٨٣٣م).

كذلك قام نصير الدين الطوسي (٥٩٧ ـ ٦٧٢ هـ) = (١٢٠١ ـ ١٢٧٤م) بتحرير كتاب أقليدس.

محتويات كتاب اقليدس [1]

يشتمل كتاب الأصول لأقليدس على خمس عشرة مقالة بيانها كما يأتي:

ـ أربع مقالات في السّطوح.
ـ مقالة واحدة في الأقدار المتناسبة.
ـ مقالة واحدة في نسب السطوح بعضها الى بعض.
ـ ثلاثة مقالات في العدد.
ـ مقالة واحدة في المُنطقات والقوى على المنطقات، ومعناه الجذور.
ـ خمس مقالات في المجسمات.

هذا ويحتوي كتاب الأصول على قرابة ٤٦٥ نظرية، فضلا عن مُسلَّمات خمس عامة، ومُسلَّمات خمس خاصة[1].

ومن الكتب المنسوبة لإقليدس:

«كتاب المعطيات في الهندسة»[2]

عرَّبه اسحق بن حنين[3]، وأصلحه ثابت بن قرة، وحرره نصير الدين الطوسي، ويشتمل على ٩٥ شكلا.

---

(١) كتاب «العلوم الرياضية في الحضارة الاسلامية» للدكتور جلال شوقي والدكتور علي الدفّاع، نشر جون وايلي بأمريكا، سنتي ١٩٨٤، ١٩٨٦م، الجزء الثاني، صفحة ٥٦.
(٢) راجع «كشف الظنون»، صفحة: ١٤٦٠.
(٣) توفي حوالي سنة ٢٩٨هـ = ٩١٠م.

ومن كتب الاغريق في الهندسة :

«كتاب المأخوذات»[1]

في أصول الهندسة، لأرشميدس المصري المهندس، ترجمه ثابت بن قرة، وتفسيره للأستاذ أبي الحسن علي بن أحمد النسوي «كان حيّا سنة ٤٢١ هـ = ١٠٣٠م».

ويشتمل هذا الكتاب على ١٥ شكلا، حرره نصير الدين الطوسي، وقد أضافها المحدثون الى جملة المتوسطات.

وعمل أبو سهل القوهي أو الكوهي [2] «وكان حيا سنة ٣٨٠ هـ = ٩٩٠م» مقالة سماها: «تزيين كتاب أرشميدس في المأخوذات».

ومن أعمال أرشميدس المصري أيضا[3] :

١ ـ «كتاب مساحة الدائرة وتكسيرها».

٢ ـ «كتاب المثلثات».

٣ ـ «كتاب المسبَّع في الدائرة».

٤ ـ «مقالة في المفروضات».

٢,١,١ من أعمال العرب والمسلمين في الهندسة

١ ـ «كتاب المفروضات»[4]

لثابت بن قرة الحراني الصابي (٢٢١ ـ ٢٨٨هـ) = (٨٣٥ ـ ٩٠٠م).

ويضم الكتاب ٣٦ شكلا، وفي بعض النسخ ٣٤ شكلا، وقد قام بتحريره نصير الدين الطوسي.

٢ ـ كتاب «ما يحتاج إليه الصانع من علم الهندسة»[5]

لأبي الوفاء محمد بن محمد البوزجاني (٣٢٨ ـ ٣٨٨هـ) = (٩٤٠ ـ ٩٩٨م)، وهو كتاب يتناول الانشاءات او العمليات الهندسية، وقد عُرفت في الغرب باسم: Geometric Constructions، ويدل هذا الكتاب على اهتمام علماء العرب والمسلمين بالجوانب التطبيقية للأصول الهندسية.

ويضم الكتاب ثلاثة عشر بابا، تبدأ باستخدام أدوات رسم هندسي ثلاث هي :

---

(١) راجع «كشف الظنون»، صفحة: ١٤٥٥.

(٢) هو أبو سهل ويجن بن رستم

(٣) راجع «كشف الظنون»، صفحتا: ١٤٥٦، ١٤٥٨.

(٤) راجع «كشف الظنون» صفحة ١٤٦١.

(٥) صدر بتحقيق وتقديم الدكتور صالح احمد العلي سنة ١٩٧٩م. عن مركز إحياء التراث العلمي العربي بجامعة بغداد، في ١٧٨ صفحة.

١ ـ المسطرة: «وتستعمل فيها قصر من الرسوم والخطوط» (أي لرسم الخطوط المستقيمة، باعتبار أن الخط المستقيم أقرب مسافة بين نقطتين).

٢ ـ البركار: «لرسم المُدوَّرات، وقسمة الأعمال، وأخذ المقادير المتساوية».

٣ ـ الكونيا: «فهي زاوية قائمة ويحتاج اليها في تربيع المواضع، واصلاح الزوايا للأبنية، واستخراج التقويس بضرب الخيوط، وغيرها من الأعمال التي لا تتم إلا بها».

ويمثل هذا الكتاب حال المعارف الهندسية حتى القرن الرابع الهجري «القرن العاشر الميلادي»، ويعرض لما نسميه اليوم بالعمليات الهندسية، أو إن شئت لمبادىء الرسم الهندسي، حيث تبدأ بالعمليات الأساسية (٣٤ عملية)، ثم يتوقف عند عمل المرآة المحرقة، قبل أن يمضي الى بيان عمل الأشكال متساوية الأضلاع بدءا بالمثلث وانتهاء بالمعشر المنتظم.

يعرج الكتاب بعد ذلك الى بيان عمل الاشكال في الدوائر «أي في داخلها»، وعمل الدائرة على الأشكال (أي من خارجها)، وعمل الأشكال بعضها في بعض، وقسمة المثلثات، وقسمة المربعات وتأليفها، وقسمة الكرة، وقسمة الأشكال مختلفة الأضلاع، وكيفية رسم الدوائر المتماسة.

هذا ويضم الكتاب ١٧٦ شكلا هندسيا، ولا شك أن مثل هذه الانشاءات الهندسية كانت ركيزة أساسية في العمارة الاسلامية، وفي الزخارف العربية المعروفة بفن الرَّقش العربي Arabesque في شِقهٍ الذي يقوم على الأشكال والخلفيات والجانبيات الهندسية.

٣ ـ كتاب الهندسة[١]

وهو كتاب كبير لأبي القاسم إصبع بن محمد الغرناطي المهندس «المتوفي سنة ٤٢٦ هـ = ١٠٣٤م».

٤ ـ «كتاب استخراج الأوتار في الدائرة بخواص الخط المنحني فيها»

لأبي الريحان محمد بن احمد البيروني «٣٦٢ ـ ٤٤٣هـ» = «٩٧٣ ـ ١٠٥١م».
ويعرض فيه لحلِّ مشاكل هندسية.

٥ ـ كتاب الهندسة[٢]

لأبي الصلت أمية بن عبدالعزيز الأندلسي «المتوفى سنة ٥٢٩ هـ = ١١٣٤م».

---

(١) «كشف الظنون»، صفحة: ١٤٧٢.

(٢) نفس المرجع السابق.

٣,١,١ ـ بعض فضل العرب والمسلمين في الأصول الهندسية

إن الاغريق قد برعوا تماما في القضايا الهندسية الى حد لم تبق معه زيادة لمستزيد، وقد كان للعرب فضل نقل هذا العلم وفروعه الى اللسان العربي، ودراسته دراسة مستفيضة تمثلت فيما كتب عليه من شروح مبسوطة ومتوسطة وموجزة، والاتيان ببراهين اضافية للنظريات الهندسية، وبالتالي يرجع الى علماء العرب والمسلمين فضل حفظ هذا التراث من الضياع، وقد نقلت هذه المعارف الى اللغة اللاتينية، وظل الغرب يتدارسها ـ عن هذه الترجمات ـ حتى عثر عام ١٥٨٣ م على نسخة اغريقية من كتاب اقليدس.

لقد اهتم علماء العرب والمسلمين اهتماما بالغا بالأصول الهندسية التي نقلوها عن الاغريق، وتم لهم استيعابها استيعابا تاما، وقاموا بتطبيقها في مجال البناء والعمارة والرقش، كذا في دراساتهم الفلكية.

إنه فضلا عن حفظ تراث الاغريق في الهندسة، فقد قدم علماء العرب والمسلمين اضافات ذات بال في هذا المجال نذكر منها ـ على سبيل المثال لا الحصر ـ ما يأتي [١]:

١ ـ تأسيس ما نعرفه اليوم «بالهندسة التحليلية»[٢]، حيث قدم قسطا بن لوقا البعلبكي (٢٠٥ ـ ٣٠٠هـ) = (٨٢٠ ـ ٩١٢م) حلا هندسيا [٣] لطريقة استخراج المجهولات بطريق حساب الخطأين، ويتضمن تمثيل المتغيرات بطريق احداثيين متعامدين، وهذه هي اللبنة الأولى في علم الهندسة التحليلية، وذلك قبل رينيه ديكارت René Descartes (١٥٩٦ ـ ١٦٥٠م) بأكثر من سبعة قرون.

٢ ـ تعميم نظرية فيثاغورس (٥٨٤ ـ ٤٩٥ ق.م) لثابت بن قُرَّة الحرَّاني الصابي (٢٢١ ـ ٢٨٨هـ) = (٨٣٥ ـ ٩٠٠م).

٣ ـ طريقا محمد بن موسى الخوارزمي (ت: ٢٣٦هـ = ٨٥٠م) وأبي الريحان محمد بن احمد البيروني (٣٦٢ ـ ٤٤٣هـ) = (٩٧٣ ـ ١٠٥١م) لحساب مساحة المثلث بمعرفة أطوال أضلاعه.

٤ ـ قانون الكَرْخِيّ (ت: ٤٠٧ هـ = ١٠١٦م) لايجاد مساحة الشكل الرباعي.

٥ ـ المصادرة الخامسة من مصادرات أقليدس (فرضية التوازي) للحسن بن الهيثم (٣٥٤ ـ ٤٣٠هـ) = (٥/٩٦٦ ـ ٨/١٠٣٩م)، وعمر الخيامي (ت: ٥١٧ هـ = ١١٢٣م) ونصير الدين الطوسي (٥٩٧ ـ ٦٧٢هـ) = (١٢٠١ ـ ١٢٧٤م).

٦ ـ خواص التناسب للحسن بن الهيثم.

---

(١) كتاب «العلوم الرياضية في الحضارة الاسلامية» للدكتور جلال شوقي والدكتور علي الدفّاع، نشر دار جون وايلي بأمريكا، سنتي ١٩٨٤، ١٩٨٦م، الجزء الثاني، الباب السادس.

(٢) المرجع السابق، الجزء الأول، صفحة: ٢٨٥.

(٣) مخطوط مكتبة جامعة استانبول (آيا صوفيا سابقا) رقم: ٢١١٨.

٧ ـ قياسات محيط الكرة الارضية لبني موسى بن شاكر، وسند بن علي، وقاضي زاده الرومي (ت: ٧٤٥ هـ = ٤/١٣٤٥م) وغيرهم.

٨ ـ اضافات في حساب المساحات والحجوم.

٩ ـ استخدام القطوع في الحلول الهندسية لمعادلات الدرجة الثالثة لعمر الخيامي.

١٠ ـ حساب النسبة التقريبية، أي نسبة محيط الدائرة الى قطرها، ويرمز لها بالحرف ط أو π وذلك بدقة فائقة لغياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي (ت: ٨٣٩ هـ = ١٤٣٦م) كما وردت في مؤلفه «الرسالة المحيطية»[١].

١١ ـ إنشاء أو تأسيس علم «حساب المثلثات» على يد العالم المحقق نصير الدين الطوسي في كتابه «شكل القطاع»، ومن ثم يرجع الفضل لعلماء العرب والمسلمين في ارساء قواعد:

أ ـ حساب المثلثات المستوية أو المسطحة.

ب ـ حساب المثلثات الكروية، وهو الحساب الذي لا غنى عنه في دراسات علم الهيئة أو الفلك.

ويعتبر علم «حساب المثلثات» علما عربيا خالصا بدأ بالوقوف على الحساب البسيط للأقواس عند الاغريق، والحساب المحدود للجيب عند الهنود.

١,١,٤ ـ انتقال علم الهندسة الى الغرب

لم تكن الاصول الهندسية معروفة لدى الغرب إلا من خلال الترجمات العربية لها، ولقد استمر هذا الوضع قائما حتى القرن ٤ هـ = القرن ١٠م، حين كتب سلفستر الثاني «الذي تم تنصيبه بابا سنة ٩٧٩م» مقالة باللاتينية في الهندسة، كذلك قام أديلارد المنتمي الى باث (Adelard of Bath) بكتابة مقالة باللاتينية في الهندسة، وذلك في أوائل القرن ١٢م، وكان أديلارد هذا متقنا للغة العربية، متمكنا فيها، وكان قد تلقى دروسا فيها بمدارس قرطبة واشبيلية وغرناطة، وقد بقيت هاتان المقالتان اللاتينيتان تدرسان في مدارس الغرب حتى سنة ١٥٨٣م، حين اكتشف الاصل الاغريقي لكتاب الأصول أو الاركان لاقليدس.

١,٢ ـ علم الأُكَر

والأكرة ـ في القاموس ـ لغة في الكرة، ويهتم هذا الفرع من فروع الهندسة بسطوح الأكر وقطوعها، ويعرفه حاجي خليفة [٢] في كتابه الموسوم «كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون» بقوله [٣]:

---

(١) القيمة التي توصل اليها الكاشي هي: ٣,١٤ ١٥ ٩٢ ٦٥٣٥٨٩ ٨٧٣٢، وهي صحيحة حتى الرقم العشري الثاني عشر.

(٢) هو مصطفى بن عبدالله القسطنطيني المعروف بكاتب جلبي «١٠١٧ ـ ١٠٦٧هـ»

(٣) صفحة: ١٤٢

«وهو علم يبحث فيه عن الاحوال العارضة للكرة من حيث انها كرة، من غير نظر الى كونها بسيطة أو مركبة، عنصرية او فلكية، فموضوعه الكرة بما هو كرة، وهي جسم يحيط به سطح واحد مستدير في داخله نقطة يكون جميع الخطوط المستقيمة الخارجة منها اليه متساوية، وتلك النقطة مركز حجمها، سواء كانت مركز ثقلها او لا.

وقد يبحث فيه عن أحوال الأكر المتحركة، فاندرج فيه. ولا حاجة الى جعله علما مستقلا كما جعله صاحب «مفتاح السعادة» [1]، وعدهما من فروع علم الهيئة، وقال يتوقف براهين علم الهيئة على هذين أشد توقف، وفيه كتب للأوائل والاواخر. . ».

ويقول حاجي خليفة عن «تسطيح الكرة».

« . . هو علم يتعرف منه كيفية نقل الكرة الى السطح مع حفظ الخطوط والدوائر المرسومة على الكرة، وكيفية نقل تلك الدوائر على الدائرة الى الخط، وتصور هذا العلم عسير جدا، يكاد يقرب من خرق العادة، لكنها عملها باليد كثيرا ما يتولاه الناس، ولا عسر فيه مثل عسر التصور. .

وجعله البعض من فروع الهيئة، وهو من فروع علم الهندسة، ودعوى عسر التصور ليست على اطلاقه، بل هو بالنسبة الى من لم يمارس علم الهندسة».

١,٢,١ ـ من كتب الاغريق في الأكر

١ ـ كتاب **«أكرثاوزوسيوس»** اليوناني المهندس، أو ثاؤذوسيوس (Theodosius) الذي ألف في حوالي ١٠٠م، ويقول عنه حاجي خليفة[2]:

«وهو من أجل الكتب المتوسطات بين إقليدس والمجسطي، وهو ثلاث مقالات مشتملة على ٥٩ شكلا، وفي بعض النسخ بنقصان شكل واحد.

وقد أمر بنقله من اليونانية الى العربية المستعين بالله أبوالعباس أحمد بن المعتصم في خلافته، فتولى نقله قسطا بن لوقا البعلبكي الى الشكل الخامس من [المقالة] الثانية في حدود سنة ٢٥٠ [هـ = ٨٦٤م].

ثم تولى نقل باقيه غيره، وأصلحه ثابت بن قرة، ثم حرره العلامة نصير الدين محمد بن محمد الطوسي المتوفى سنة ٦٧٢ [هـ = ١٢٧٣م]، والفاضل تقي الدين محمد بن معروف الراصد المتوفى سنة ٦٩٣ [هـ = ١٢٩٣م]».

---

(١) يعتبره ابن خلدون فرعا من فروع الهندسة «المقدمة، طبعة دار الفكر، صفحة: ٤٨٦».

(٢) كشف الظنون. صفحة ١٤٢.

٢ ـ كتاب أكر مانالاوس [١]

اليوناني الرياضي من أهل الاسكندرية (Menelaus) الذي كان حيا سنة ١٠٠م .

«كان قبل زمن بطلميوس، وكتابه من المشهورات المسلمات أيضا، يخاطب فيه يا سيليذس اللاذي، وقال أيها الملك إني وجدت ضربا برهانيا فاضلا الخ .

وهو نسخ كثيرة مختلفة لها إصلاحات كإصلاح الماهاني[٢]، وأبي الفضل أحمد بن أبي سعيد الهروي[٣]، بعضها غير تام، وأتمها إصلاح الأمير أبي نصر منصور بن عراق[٤] .

وهو مشتمل على ثلاث مقالات في البعض، وعلى مقالتين في الآخر، أما الثلاث فعند الأكثرين مشتمل أولاها على ٣٩ شكلا، والمختار ٢٥ شكلا، ووسطاها في كثير من النسخ على ٢٤ شكلا، وفي نسخة ابن عراق على ٢١ شكلا، وعند البعض يشتمل أولاها على ٦١ شكلا، والثانية على ١٨ شكلا، والأخيرة على ١٢ شكلا .

وأما المقالتان فتشتمل الأولى على ٦١ شكلا، والأخيرة على ٣٠ شكلا، وفي بعض الأشكال اختلاف، وجميع أشكال الكتاب فيما بين ٨٥ شكلا و٩١ شكلا . ذكر ذلك كله العلامة نصير الدين الطوسي في تحريره لهذا الكتاب، وأنه لما وصل اليه وجد نسخا كثيرة مختلفة، كذلك واصلاحات، فبقى متحيرا الى أن عثر على إصلاح ابن عراق، فاتضح له ما كان متوقفا فيه، فحرر وفرغ من تحريره في شعبان سنة ٦٦٣ [هـ = ١٢٦٤م]» .

٣ ـ كتاب الكرة والاسطوانة[٥]

لأرشميدس المصري، أصلحه ثابت بن قرة [٦]، وسقط عنه بعض المصادرات لقصور فهم ناقله الى العربية عن اداركه وعجزه .

وشرح اوطوقيوس العسقلاني مشكلات هذا الكتاب الذي نقله اسحق بن حنين[٧] الى العربية، فحرره نصير الدين[٨] على الترتيب .

فإنه في نسخة ثابت ٤٨ شكلا، وفي نسخة اسحق ٤٣ شكلا، والحق في آخرها مقالة أرشميدس في تكسير الدائرة، فإنها كانت مبنية على بعض المصادرات المذكورة .

---

(١) كشف الظنون، صفحة ١٤٣ .

(٢) هو محمد بن عيسى الماهاني (ت: ٦٠/ ٢٧٠هـ = ٧٤/ ٨٨٤م) .

(٣) توفي بعد سنة ٣٧١هـ = ٩٨٢م .

(٤) توفي قبل ٤٢٧هـ = ١٠٣٦م .

(٥) كشف الظنون، صفحة: ١٤٥٢ .

(٦) (٢٢١ ـ ٢٨٨هـ) = (٨٣٦ ـ ٩٠١م) .

(٧) توفى حوالي سنة ٢٩٨هـ = ٩١٠م .

(٨) يقصد العلامة المحقق نصير الدين الطوسي .

٤ ـ كتاب تربيع الدائرة

مقالة لارشميدس المصري.

٥ ـ كتاب تسطيح الكرة

لبطلميوس القلوذي صاحب «المجسطي»، نقله ثابت بن قرة الى العربية، وفسره بتس الرومي الاسكندري المهندس[1].

٦ ـ كتاب الكرة المتحركة[2]

لأوطولوقس، اصلحه ثابت بن قرة، وحرره نصير الدين الطوسي، وهو مقالة واحدة واثنا عشر شكلا.

أما مساهمة علماء العرب فتشمل ـ الى جانب الاصلاحات الاساسية للمتون الاغريقية ـ الكتب الاتية:

٢, ٢, ١ ـ من كتب المسلمين في الأكر

١ ـ كتاب تسطيح الكرة

لابراهيم بن حبيب الفزاري المتوفى حوالي سنة ١٨٤هـ = ٨٠٠م.

٢ ـ كتاب الكامل

لابن كثير الفرغاني المتوفى حوالي سنة ٢٤٧ هـ = ٨٦١م.

٣ ـ كتاب مساحة الأشكال البسيطة والكرية[3]

لبني موسى محمد والحسن (ت: ٢٦٠ هـ = ٨٧٤م) واحمد، ويشتمل على ١٨ شكلا، نقله قسطا بن لوقا البعلبكي، وحرره نصير الدين الطوسي.

٤ ـ كتاب الكرة

لحسن بن الصباح.

---

(١) «كشف الظنون»، صفحة: ١٤٠٤.

(٢) «كشف الظنون» صفحة: ١٤٥٢.

(٣) نفس المرجع السابق، صفحة: ١٤٥٨.

٥ ـ كتاب الاستيعاب

لأبي الريحان محمد بن احمد البيروني (٣٦٢ ـ ٤٤٣ هـ) = (٩٧٣ ـ ١٠٥١م).

٦ ـ تحرير أكرثاوزوسيوس اليوناني المهندس

ذكر حاجي خليفة[1] ان تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (٩٣٢/٢٧ ـ ٩٩٣هـ) = (١٥٢٦/٢٠ ـ ١٥٨٥م) حرر هذا الكتاب الذي يعتبر من «أجل الكتب المتوسطات بين اقليدس والمجسطي».

٧ ـ «دستور الترجيح لقواعد التسطيح»

لتقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي.

ألفه سنة ٩٨٤ هـ = ١٥٧٦ م نقلا عن حاجي خليفة[2] وهو عن تسطيح الكرة، كتبه برسم المولى الاعظم رئيس الدولة العثمانية سعد الدين افندي.

وقد رتب تقي الدين بن معروف هذاالكتاب على مقدمة ومقالتين، وتتمة على النحو الآتي:

المقدمة: في الحدود والاصطلاحات.

المقالة الأولى: في رسم فلك على بسيط مستو بالخطوط الهندسية. وفيه ثلاثة أبواب.

المقالة الثانية: في رسم ما تقدم رسمه بالحساب، وهي على مقدمة وستة أبواب.

٣,١ ـ علم المخروطات

وهو علم ينظر في مايقع في الاجسام المخروطة من الأشكال والقطوع، ولعل اشهر من اشتغل به من علماء الاغريق هو ابولونيوس (٢٦٠ ـ ٢٠٠ ق.م) النجار الحكيم الرياضي (Apollonius)، أو أبلنيوس او بلينوس، وهو صاحب «كتاب المخروطات» الذي يقع في ثمان مقالات.

وعن هذا الكتاب يقول حاجي خليفة[3]: «كتاب المخروطات ـ في احوال الخطوط المنحنية: سبع مقالات لابلنيوس النجار الحكيم الرياضي، اصلحه الحسن واحمد ابنا موسى بن شاكر.

---

(١) راجع كشف الظنون، صفحة: ١٤٢.

(٢) نفس المرجع السابق.

(٣) كشف الظنون، صفحتا: ١٤٥٦، ١٤٥٧.

ولما اخرجت الكتب من الروم الى المأمون، اخرج منه الجزء الاول لا غير [فوجده] يشتمل على سبع مقالات، ولما ترجم دلت مقدمته على أنه ثماني مقالات، وان الثامنة تشتمل على معاني المقالات السبع وزيادة، واشترط فيها شروطا مفيدة، فمن عصره الى يومنا هذا يبحث اهل الفن عن هذه المقالة، فلا يطلعون لها على خبر لأنها كانت في [من] ذخائر المأمون لعزتها عند ملوك يونان.

وقال بنو موسى بن شاكر: الموجود من هذا الكتاب سبع مقالات، وبعض الثامنة، وهو أربعة أشكال، وترجم الاربع الاول منه احمد بن موسى الحمصي، والثلاث الأواخر ثابت بن قرة الحراني، كذا في نوادر الاخبار.

أصلحه الحسن وأحمد ابنا موسى بن شاكر.

وهو [أي كتاب المخروطات] أقدم من اقليدس بزمان طويل، وهذا الكتاب - وآخر من تصنيفه في هذا النوع - كان السبب في تصنيف كتاب اقليدس بعد زمن على ما مر.

ذكروا ان هذا الكتاب فسد لأسباب منها استصعاب نسخه، وانه درس وانمحى ذكره، وحصل متفرقا في ايدي الناس الى ان ظهر رجل بعسقلان يُعرف باوطيقوس المهندس، فجمع ما قدر عليه، فأصلح منه أربع مقالات».

هذا وقد أوضح أبولونيوس في «كتاب المخروطات» أن جميع الخطوط المنحنية يمكن الحصول عليها من مخروط واحد وذلك بقطعه بمستو يميل بزوايا مختلفة «الأشكال ٤، ٥، ٦». وقد سميت المنحنيات الناتجة بالقطع المكافىء[1] (Parabola) والقطع الناقص أو الاهليلجي[2] (Ellipse)، والقطع الزائد[3] (Hyperbola)، وذلك فضلا عن الدائرة والمثلث.

وقد أفاد عمر بن ابراهيم الخيامي (ت: ٥١٧ هـ = ١١٢٣م) من هذه المنحنيات في حلوله للمعادلات التكعيبية او معادلات الدرجة الثالثة (الأشكال: ٧ - ٩).

ولعله من المناسب ان نشير هنا - من باب التوضيح - الى السِّمات الأساسية للمجسم المعروف بالمخروط، ففي هذا الصدد يقول التهانوي: [4]:

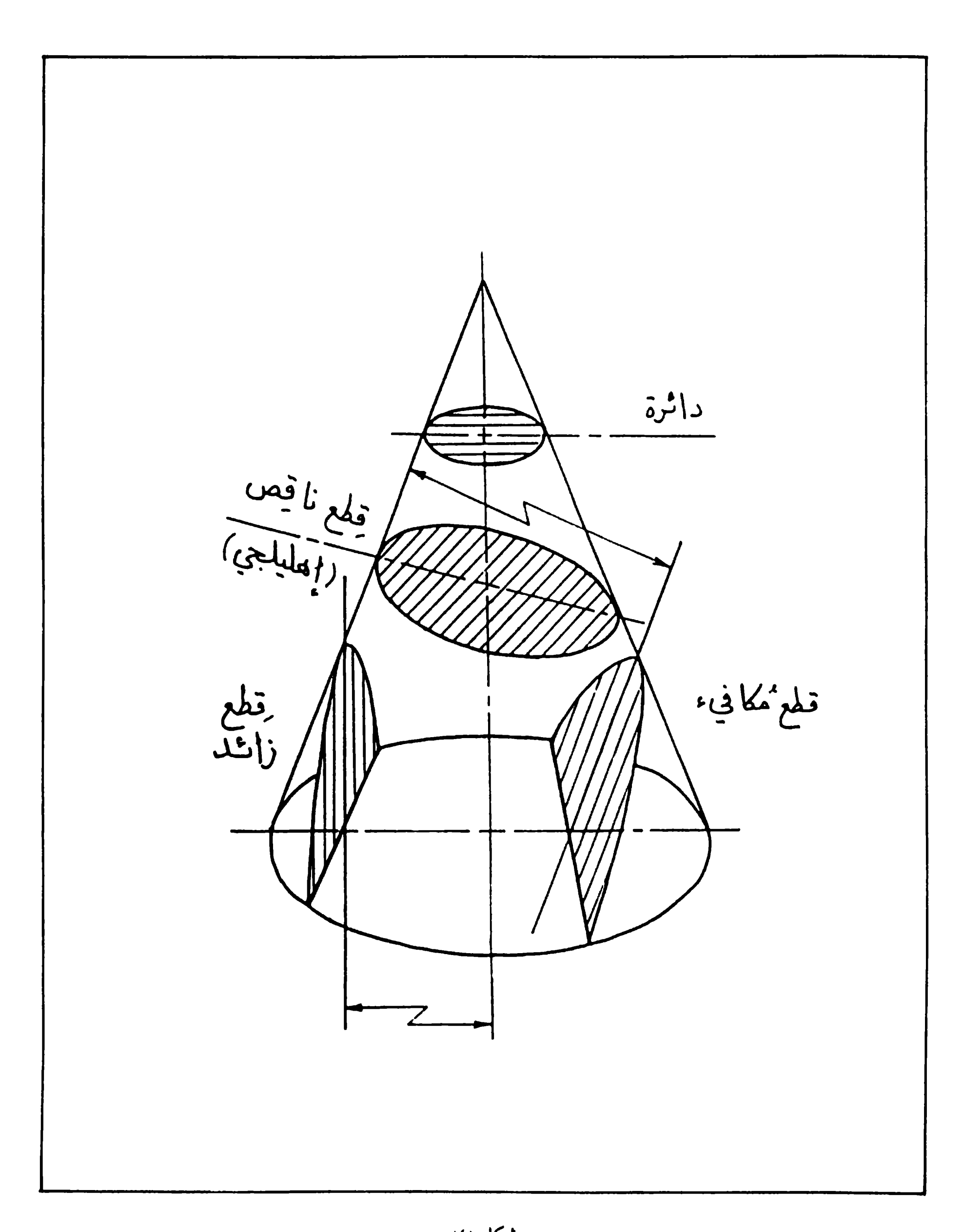
---

(١) يعرف أيضا بالشكل الهذنولي، ويشبه شكل اللحية المستطيلة.

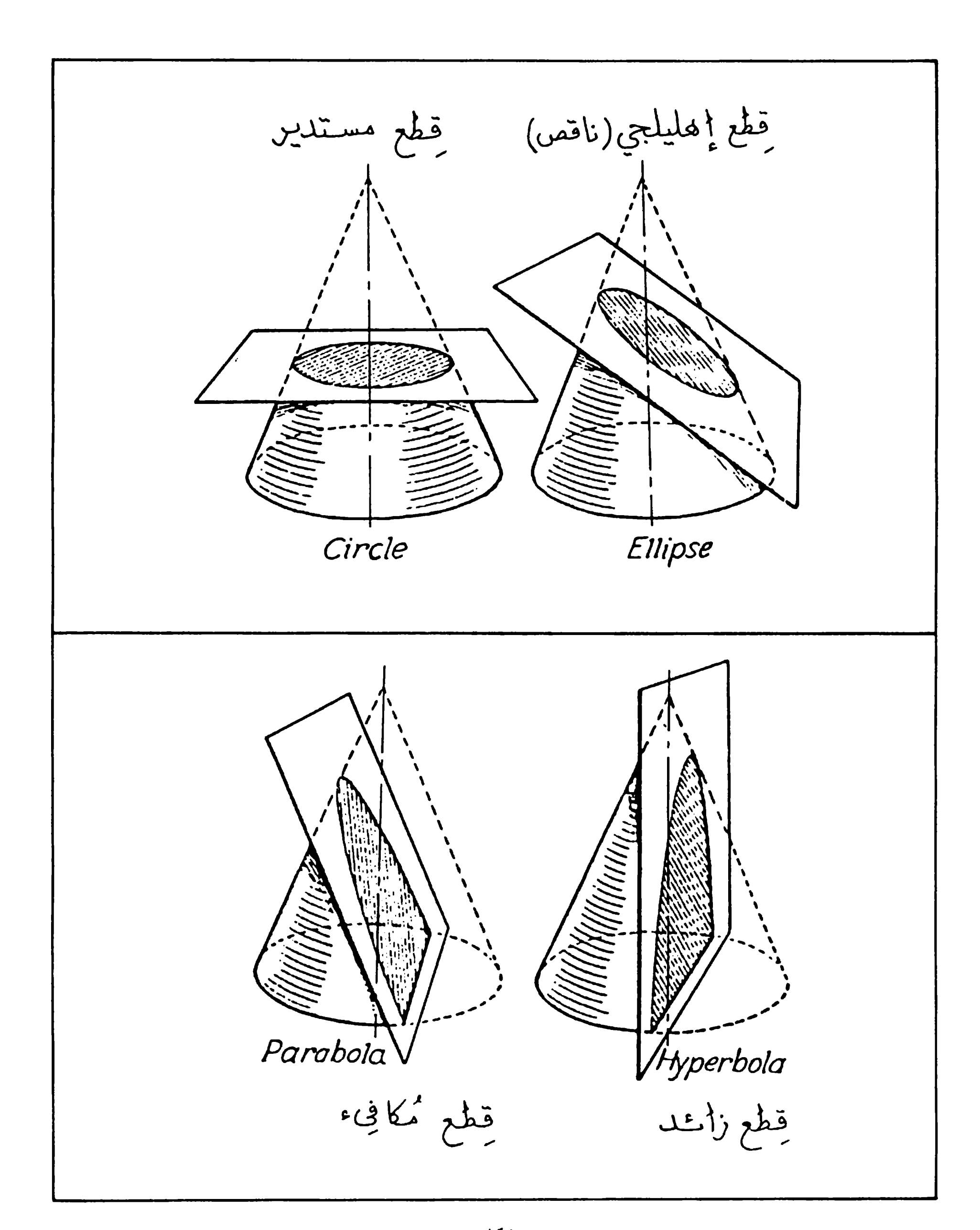
(٢) لأنه يشبه شكل ورقة الإهليج.

(٣) يطلق عليه أيضا الشكل الشلجمي لأنه يشبه حبة الشلجم «اللّفت».

(٤) راجع «كشاف اصطلاحات الفنون» لمحمد علي الفاروقي التهانوني، الجزء الأول: الصفحتين ١٧٩، ١٨٠ - الجزء الثاني: صفحة ٣٣٥ - الجزء الرابع: الصفحات ٤٨، ٤٩، ١٦٨.

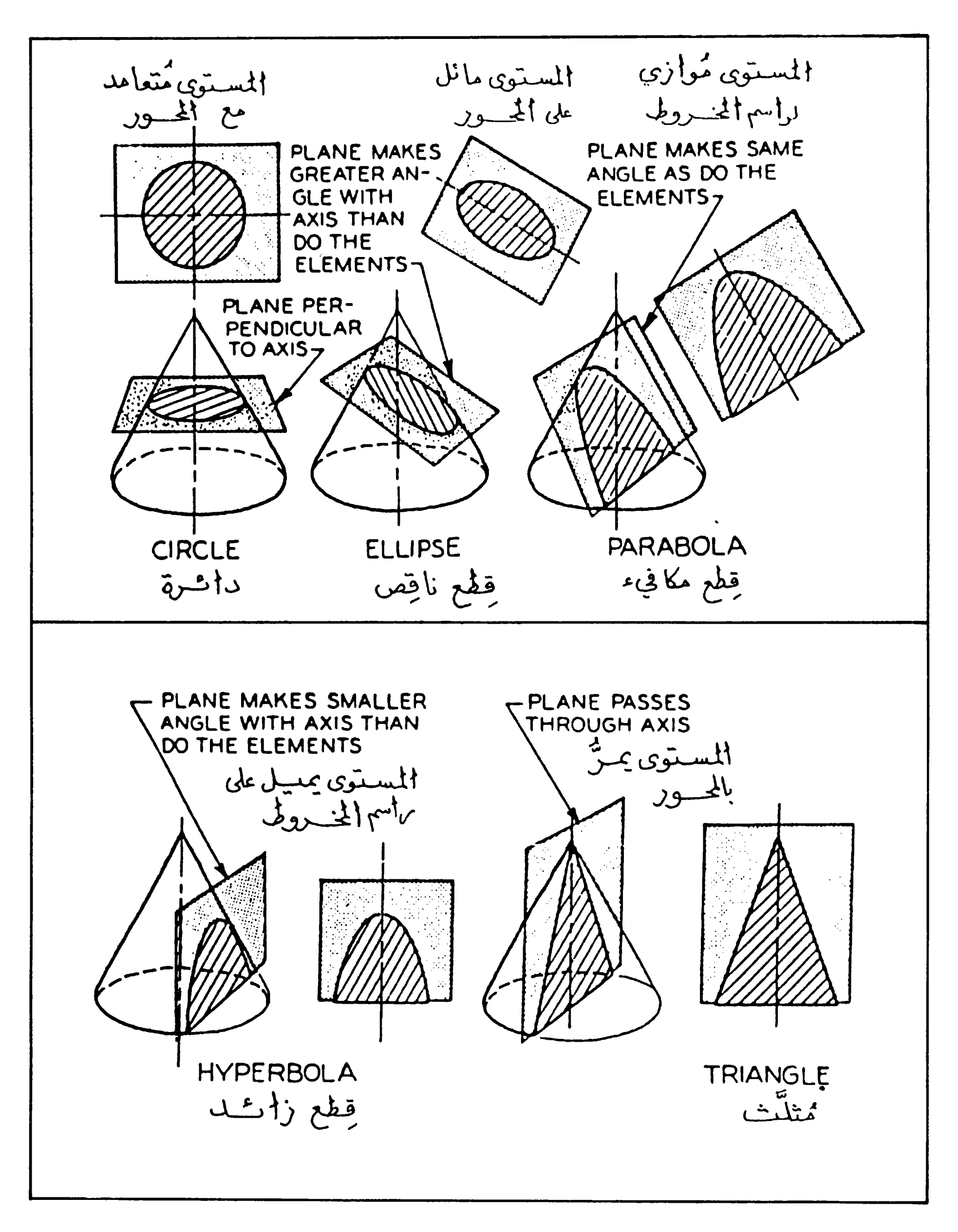


شكل (٤)
قطوع المخروط



شكل (٥)

اعتماد شكل القطاع على وضع المستوى القاطع بالنسبة للمخروط.



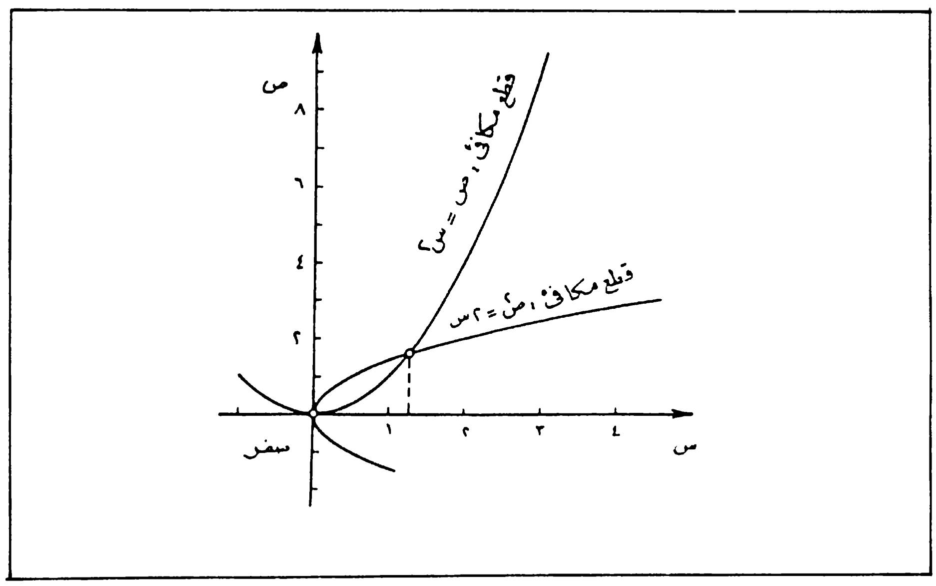
شكل (٦)

أوضاع المستوى القاطع بالنسبة للمحور ولراسم المخروط، والقطوع الناتجة عن ذلك.

ص
٨
٦
٤
٢
قطع مكافئ، س٢ = ص
قطع زايد، س ص = ٢
صفر
١ ٢ ٣ ٤
س

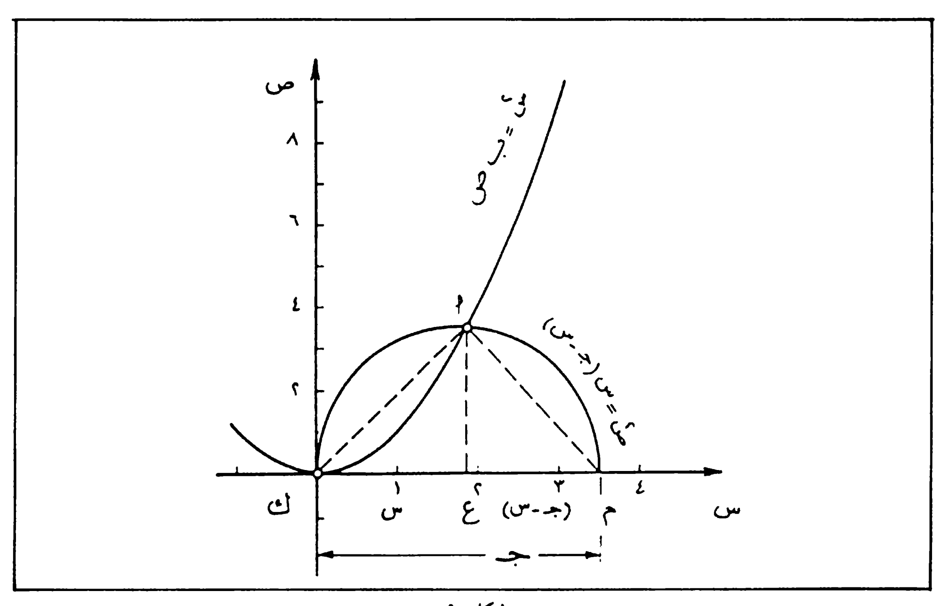
شكل (٧)

ايجاد $\sqrt[3]{2}$ باستخدام قطع مكافىء وقطع زائد.



شكل (٨)

ايجاد $\sqrt[3]{2}$ باستخدام قطعين مكافئين.



شكل (٩)

حل معادلة الدرجة الثالثة : س٣ = ب٢ س = ب٢جـ بتقاطع دائرة مع قطع مكافىء.

المخروط

عند المهندسين يطلق على معان: منها **المخروط المستدير التام**، وهو جسم تعليمي أحاط به سطح مستدير اي دائرة، وسطح صنوبري مرتفع من محيط ذلك السطح المستدير متضائقا الى نقطة، بحيث لو أدير خط مستقيم واصل بين محيط ذلك السطح المستدير وبين تلك النقطة ماسة في كل الدورة، اي ماسَّ ذلك الخط ذلك السطح، وقولنا مرتفع صفة كاشفة لقولنا صنوبري، وبعبارة اخرى هو جسم احد طرفيه دائرة، والآخر نقطة، ويحصل بينهما سطح تفرض عليه ـ أي على ذلك السطح ـ الخطوط المستقيمة الواصلة بينهما، اي بين محيط الدائرة وتلك النقطة.

وعرف ايضا بأنه جسم يحدث من ادارة مثلث قائم الزاوية على احد ضلعي القائمة المفروض ثابتا الى ان يعـود الى وضعـه الاول، وليس المراد بالحدوث الحدوث بالفعل كما هو المتبادر، بل الحدوث من حيث التوهم، اذ الخط عندهم عرض حال في السطح الحال في الجسم، فلا يمكن حصول السطح بحركة الخط المتـأخر عنه في الوجود، ولا حصول الجسم م حركة السطح المتأخر عنه، وعلى هذا يحمل كل ما وقع في عباراتهم مما يشعر بحدوث الخط من حركة النقطة، والسطح من حركة الخط، والجسم من حركة السطح.

ثم تلك الـدائـرة تسمى بقـاعـدة المخروط، وتلك النقطة برأس المخروط، وذلك السطح المستدير ـ أي الصنوبري ـ بالسطح المخروطي، والخط الواصل بين تلك النقطة ومركز القاعدة بسهم المخروط ومحوره، فإن كان ذلك الخط عمودا على القاعدة فالمخروط قائم والا فمائل.

وأما ما قيل في تعريف المخروط المذكور من أنه ما يحدث من ادارة خط موصول بين محيط دائرة ونقطة لا تكون على تلك الدائرة الى أن يعود على وضعه الأول، ففيه أن حركة الخط المذكور إنما تحدث سطحا مخروطيا لا جسما مخروطيا لما تقرر عندهم من أن حركة الخط تحدث شكلا مسطحا لا مجسما.

ومنها المخروط المستدير الناقص، وهو المخروط المستدير التام المقطوع عنه بعضه من طرف النقطة التي هي رأسها، وبالجملة فإذا قُطع المخروط المستدير التام بسطح مستوٍ يوازي القاعدة، كان القمم الذي يلي القاعدة مخروطا مستديرا ناقصا، وأما القسم الذي يلي الرأس فمخروط تام لصدق تعريفه عليه.

ومنها المخروط المضلع، وهو جسم تعليمي احاط به سطح مستو ذو أضلاع ثلاثة فصاعدا هو ـ أي ذلك السطح ـ قاعدة ذلك الجسم وأحاط به ايضا مثلثات عددها مساو لعدد أضلاع القاعدة ورؤوسها ـ أي رؤوس تلك المثلثات جميعا ـ عند نقطة هي رأسه، أي رأس ذلك الجسم، فإن كانت تلك المثلثات متساوية الساقات فالمخروط قائم، والا فمائل.

ومنها المخروط الذي يكون شبيها للمستدير أو المضلع، بأن يكون رأسه نقطة وقاعدته لا تكون دائرة، ولا شكلا مستقيم الاضلاع، بل سطحا يحيط به خط واحد ليس بدائرة كالسطح البيضي.

ومنه ما يكون رأسه نقطة وقاعدته سطحا تحيط به خطوط بعضها مستقيم، وبعضها مستدير، وهذه المعاني كلها مما يستفاد من ضابطة قواعد الحساب وغيره».

ومنها المخروط المستدير الناقص، وهو المخروط المستدير التام المقطوع عنه بعضه من طرف النقطة التي هي رأسها، وبالجملة فإذا قطع المخروط المستدير التام بسطح مستوٍ يوازي القاعدة، كان القسم الذي يلي القاعدة مخروطاً مستديراً ناقصاً، وأما القسم الذي يلي الرأس فمخروط تام لصدق تعريفه عليه.

٤، ١ ـ علم المساحة

وهو علم يحتاج إليه في مسح أو قياس الأراضي، وشق القنوات، وتعيين ارتفاعات الجبال، وأعماق الوديان، وحساب مساحات الأسطح على اختلاف أشكالها، كذا إيجاد حجوم المجسمات.

وعن علم المساحة يقول إخوان الصفا في الرسالة الثانية من القسم الرياضي [١] :

«واعلم يا أخي ـ أيدك الله وإيانا بروح منه ـ أنَّ:

---

(١) طبعة دار صادر ودار بيروت، ببيروت، سنة ١٣٧٦هـ = ١٩٥٧م، صفحة: ٩٧.

علم الهندسة يدخل في الصنائع كلها، وخاصة في المساحة، وهي صناعة يحتاج إليها العمال والكتاب والدهاقون، وأصحاب الضياع والعقارات في معاملاتهم من جباية الخراج، وحفر الأنهار وعمل البريدات وما شاكلها».

ويبين شكل (١٠) مجالات علم المساحة، ونسوق فيما يلي أمثلة للمساحات والحجوم التي وقف عليها علماء العرب والمسلمين [1] :

١,٤,١ ـ مساحات الأشكال المستوية

١ ـ مساحات المثلثات، مع استعمال نسب حساب المثلثات في بعض هذه الحسابات.

٢ ـ مساحات الأشكال رباعية الأضلاع.

٣ ـ مساحات المضلعات المنتظمة حتى ١٦ ضلعا (راجع كتاب «مفتاح الحساب» للكاشي، على سبيل المثال).

٤ ـ مساحات الأشكال الدائرية والحلقات والقطاعات والأشكال المحدودة بأقواس دائرية، كالأشكال الهلالية والنعلية والاهليلجية والشلجمية (راجع الأشكال (١١)، (١٢)، (١٣) من كتاب «خلاصة الحساب» لبهاء الدين العاملي.

٥ ـ مساحات الأشكال الهندسية المستوية المكوَّنة من تركيبات من الاشكال المتقدمة.

١,٤,٢ ـ مساحات السطوح للأجسام المنتظمة كالأسطوانات والمخروطات والموشورات والكرات

١,٤,٣ ـ حجوم الاجسام المنتظمة، مثل:

١ ـ الأسطوانات والمخروطات التامة والناقصة.

٢ ـ الكرات والقطع الكروية.

٣ ـ الأجسام المضلعة.

٤ ـ الجسم المتولد من دَوَران القطع المكافىء حول محوره Paraboloid ، وينسب هذا الانجاز للحسن بن الهيثم.

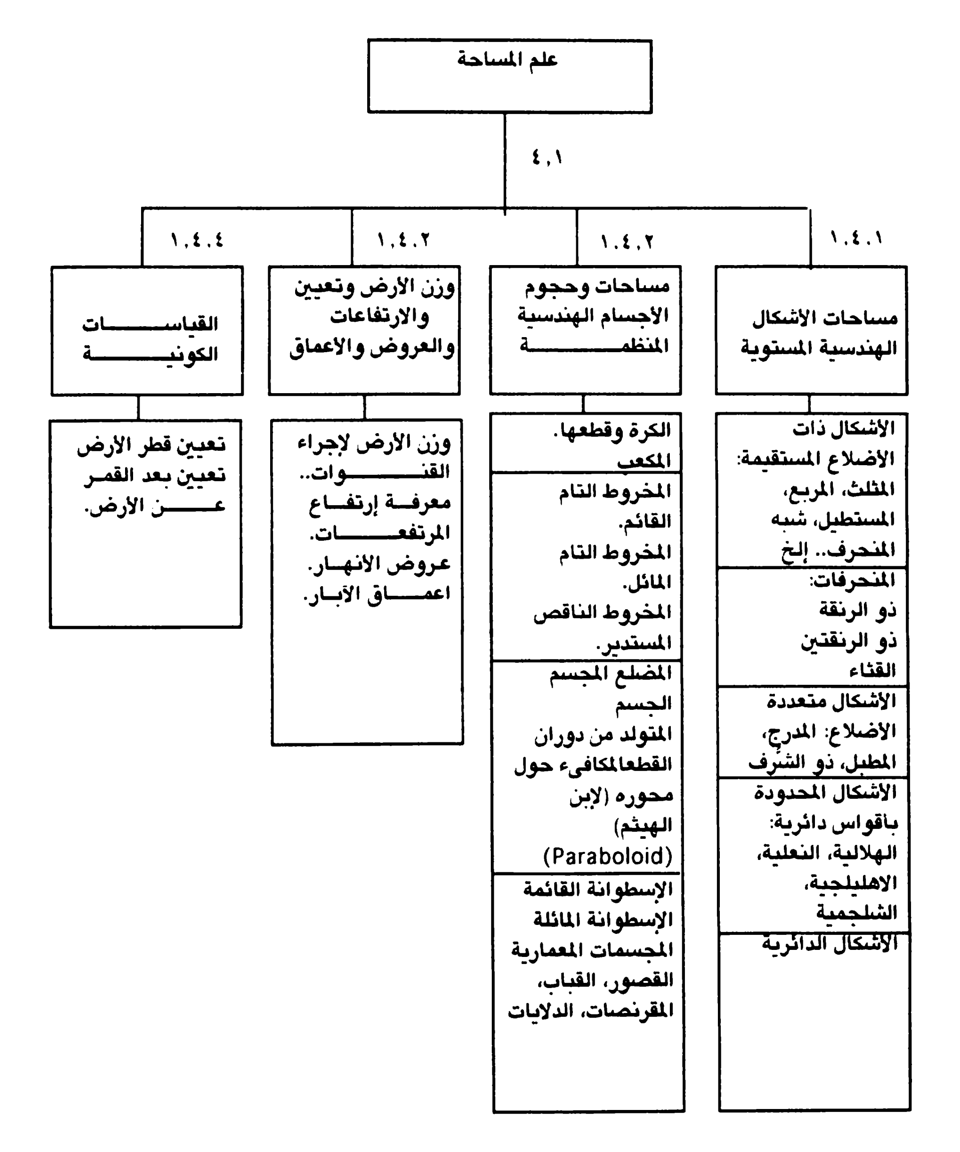
ولعله من المناسب أن نورد هنا تعريفا ببعض أشكال السطوح والمجسمات التي وردت في الكتابات العربية.

البيضي

عند المهندسين سطح مستو يحيط به قوسان متساويتان مختلفتان تحديبا وكل منهما أصغر من نصف دائرة، ويسمى **بالاهليلجي** أيضا والخط الواصل بين زاويتيه قطره الاطول، والخط الآخر المنصِّف للقوسين

---

(١) كتاب (العلوم الرياضية في الحضارة الاسلامية) للدكتور جلال شوقي، والدكتور علي الدفاع، نشر دار جون وايلي بأمريكا سنتي ١٩٨٤، ١٩٨٦، الجزء الثاني الصفحات: ١٠٨ ـ ١١٠.



شكل (١٠)
مضمون علم المساحة في الحضارة الإسلامية

قطره الاصغر والاقصر، ولابد أن يكون عموداً على الاطول، وإذا أدير السطح البيضي على قطره الاطول نصف دورة يحصل مجسم بيضي، هذا هو المشهور.

وذكر البعض أن السطح البيضي يشترط فيه كون احدى القوسين نصف دائرة، والأخرى أصغر، وهو الـذي يسمى في المشهور بالشبيه بالبيضي، والشبيه بالاهليلجي، ولم يشترط البعض تساوي القوسين ولا مشاحّة في الاصطلاح.

وقيل: السطح البيضي سطح يحيط به خط واحد مستدير بحيث لا يكون دائرة، ويكون طول هذا السطح أكثر من عرضه وإذا أدير هذا السطح على قطره الأطول نصف دورة يحصل المجسم البيضي، ولا يخفى أن مشابهة المجسم البيضي بهذا المعنى للبيضة أكثر منه بالمعنى الأول، هذا خلاصة الحساب[1] وحاشية الجغميني للفاضل عبدالعلي البرجندي.

الشلجمي

عند المهندسين هو شكل مسطح يحيط به قوسان متساويتان مختلفتا التحدب، كل منهما أعظم من نصف الدائرة، ويسمى عدسيا أيضا، سمى بذلك تشبيها له بالشلجم[2] وهو معرب شلغم، وتشبيها له بالعدس.

والشبيه بالشلجمي شكـل يحيط به قوسان غير متساويتين مختلفتا التحدب إحداهما نصف الدائرة والاخرى اعظم منه.

والجسم الشلجمي والعدسي جسم يحدث من إدارة المسطح العدسي على قطره الأصغر نصف دورة، فإن للشلجمي قطرين: أحـدهمـا الخط الواصل بين زاويتيه، وهو القطر الأطول، وثانيهما الخط المنصِّف للقوسين العمود على القطر الأطول، وهو القطر الأصغر، هكذا في ضابط قواعد الحساب، وعلى هذا فَقِسْ الجسم الشبيه بالشلجمي.

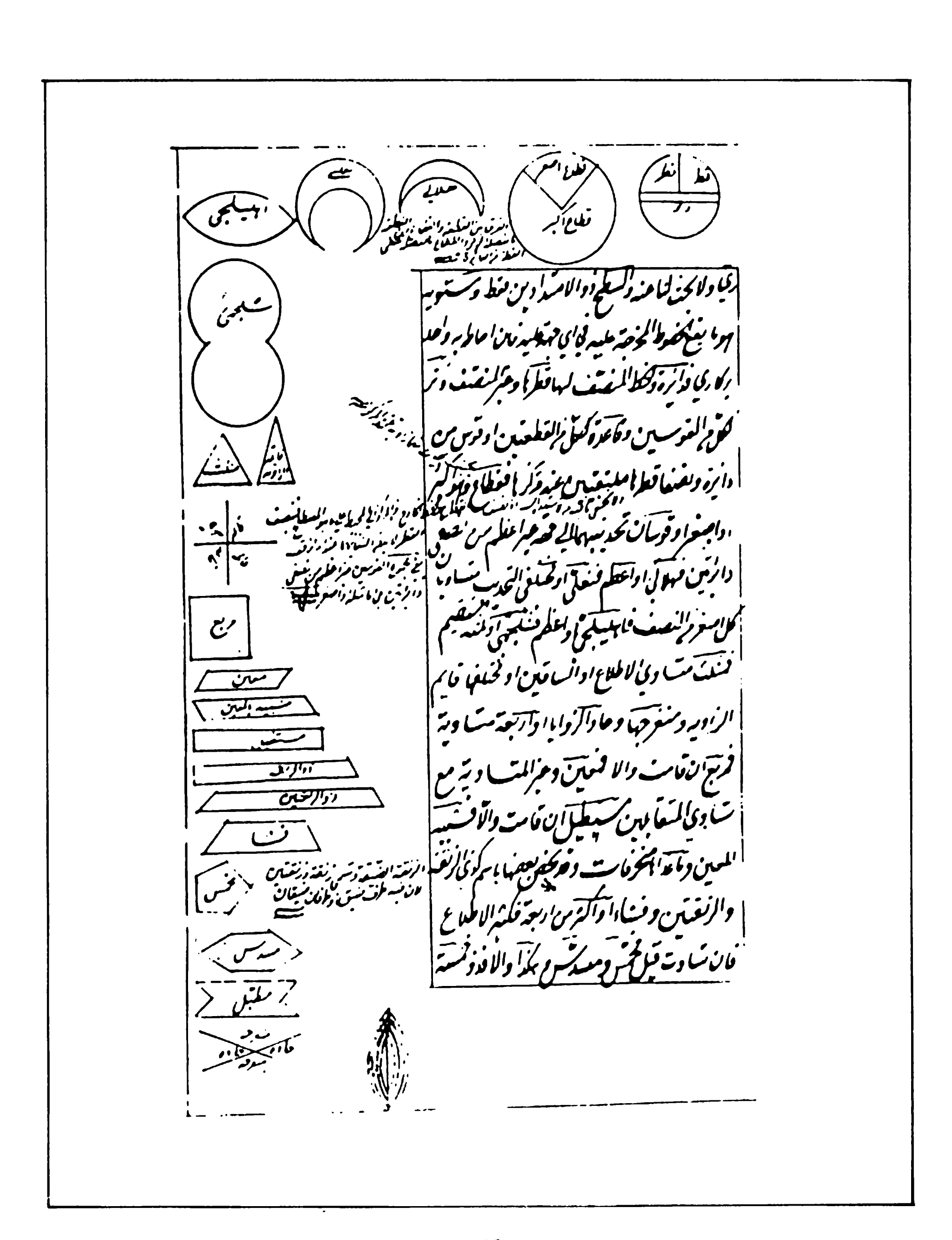
---

(١) يقصد كتاب «خلاصة الحساب» لبهاء الدين العاملي، وقد حققه وشرحه المؤلف، ونشرته دار الشروق ببيروت والقاهرة ولندن، سنة ١٤٠١ هـ = ١٩٨١م، ويقع في ٢٢٦ صفحة.

(٢) الشلجم والسلجم لفظ فارسي معرب، وهو نبت يُعرف باللِّفْت.

شكل (١١)

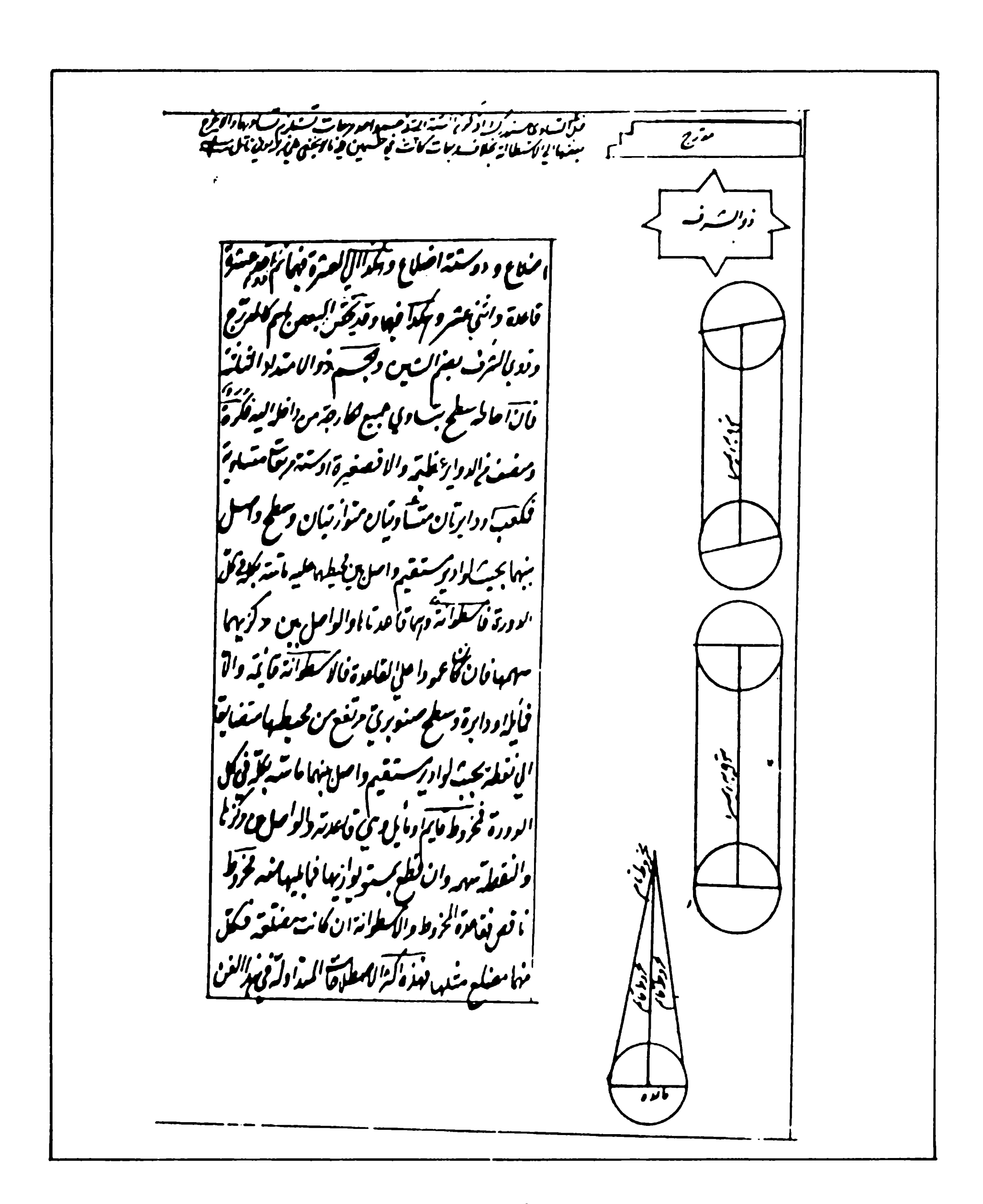
الصفحة (٢٦) من مخطوط مكتبة الأوقاف الإسلامية بحلب رقم ١٧٧٣
من كتاب «خلاصة الحساب» لبهاء الدين العاملي



شكل (١٢)

الصفحة (٢٧) من مخطوط مكتبة الأوقاف الإسلامية بحلب ـ رقم ٧٧٣.

(من كتاب «خلاصة الحساب» لبهاء الدين العاملي)



مربع

ذو الشرف

اضلاع و ذو ستة اضلاع وهكذا الى العشرة فيقال له ذو عشرة
قاعدة واثني عشر وهكذا فيها وقد يخص البعض اسم كالمربع
وذو الشرف بضم الشين وبجسم ذو الاضلاع الثلثة
فان احاط به سطح يساوي جميع الخارجة من داخل اليه فكرة
ويسمى في الدوائر عظيمة والا فصغيرة او ستة مربعات متساوية
فكعب او دائرتان متساويتان متوازيتان وسطح واصل
بينهما بحيث لو ادير مستقيم واصل بين محيطيهما عليهما ماسه بكليته في كل
الدورة فاسطوانة ودائرتاها قاعدتاها والواصل بين مركزيهما
سهمها فان كان عمودا على القاعدة فالاسطوانة قائمة والا
فمائلة او دائرة وسطح صنوبري مرتفع من محيطها متضايقا
الى نقطة بحيث لو ادير مستقيم واصل بينهما ماسه بكليته في كل
الدورة فمخروط قائم او مائل وهي قاعدته والواصل بين مركزها
والنقطة سهمه وان قطع بسطح يوازيها فما بينهما مخروط
ناقص فقاعدة المخروط والاسطوانة ان كانت مضلعة فكل
منها مضلع مثلها فهذه اكثر المصطلحات المتداولة في هذا الفن

قاعدة

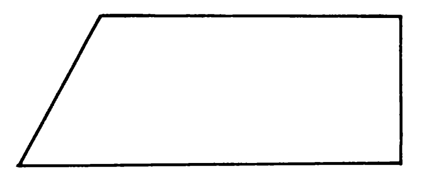
شكل (١٣)

الصفحة (٢٨) من مخطوط مكتبة الأوقاف الإسلامية بحلب ـ رقم ١٧٧٣.

من كتاب «خلاصة الحساب لبهاء الدين العاملي»

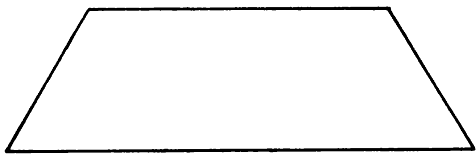
ذو الزنقة

عند المهندسين شكل من الأشكال المنحرفة، وهو ما يكون فيه ضلعان متوازيان، وآخران غير متوازيين، يكون أحدهما عمودا على المتوازيين، هكذا:



ذو الزنقتين

عندهم شكل منحرف، لا يكون أحد الضلعين غير المتوازيين عمودا على المتوازيين، هكذا:



كذا ذكر المولوي سيد عصمة الله في شرح «خلاصة الحساب»، وقال الزنقة الانحراف، ولم يبين أنه بالغاء أو بالقاف، وإني لم أجد بالغاء في كتب اللغة التي عندي، وانما وجدته في الصّراح بالقاف، لكنه لم يذكره بمعنى الانحراف، بل بمعنى الركن الضيّق، والله أعلم بحقيقة الحال، والظاهر أنه بالقاف.

الاسطوانة

عند المهندسين يطلق على معان: منها **الاسطوانة المستديرة**، وهي جسم تعليمي احاطت به دائرتان متوازيتان متساويتان، وسطح مستدير واصل بينهما، بحيث لو أدير خط مستقيم واصل بين محيطيهما من جهة واحدة على محيطيهما لماسّة في كل الدّوْرة.

وما قيل إن الأسطوانة المستديرة شكل يحدث من وصل خط من جهة بين محيطي دائرتين متوازيتين متساويتين كل منهما على سطح، وإدارة ذلك الخط عليهما أي على محيطيهما إلى أن يعود الى وضعه الأول، ففيه أنه يحدث من حركة الخط شكل مسطح لا مجسم.

ثم الأسطوانة المستديرة إن كانت مجوفة متساوية الثخن، وقطر قاعدة تجويفها الذي هو أيضا على شكل الاسطوانة المستديرة أكثر من نصف قطر قاعدة الاسطوانة بحيث يكون ثخنها اقل من سمكها اي من ثخن تجويفها فتسمى بالذوقية، والدائرتان قاعدتان للاسطوانة، والخط الواصل بين مركزي الدائرتين سهم الاسطوانة ومحورها، فإن كان ذلك الخط عمودا على القاعدة فالاسطوانة قائمة، وهي جسم يتوهم حدوثه من

ادارة ذي أربعة أضلاع قائم الزوايا على أحد أضلاعه المفروض ثابتا حتى يعود الى وضعه الاول، وإلا فمائلة، وهي جسم يتوهم حدوثه من ادارة ذي اربعة اضلاع غير قائم الزوايا على أحد أضلاعه المفروض ثابتا إلى أن يعود الى وضعه الأول.

ومنها **الأسطوانة المضلعة**، وهي جسم تعليمي أحاط به سطحان مستويان متوازيان كثيرا الأضلاع، كل من السطحين موازية لأضلاع السطح الآخر، وأحاطت به ايضا سطوح ذوات اضلاع اربعة متوازية بأن يكون كل ضلعين منها متوازيين، عدَّة تلك السطوح عدَّة أضلاع احدى القاعدتين، وقاعدتها السطحان المتوازيان، فإن كانت تلك السطوح التي هي ذوات الاربعة الاضلاع قائمة الزوايا، فالأسطوانة قائمة وإلا فمائلة.

ومنها الاسطوانة التي تكون مشابهة **للمستديرة او المضلعة**بأن لا تكون قاعدتها شكلا مستقيم الأضلاع، ولا دائرة، بل سطحا يحيط به خط واحد ليس بدائرة كالسطح البيضي.

ومنها أسطوانة تكون سطحا تحيط به خطوط بعضها مستدير، وبعضها مستقيم، هكذا يستفاد من ضابطة قواعد الحساب وغيره، و الحكم في أن اطلاقها على تلك المعاني بالاشتراك اللفظي او المعنوي كالحكم في المخروط على ما مرّ».

٤, ١ , ٤ ـ مساحات وحجوم الأشكال المعمارية

اهتم غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي «ت: ٨٤٠ هـ = ١٤٣٦م» بحساب مساحات وحجوم أشكال معمارية متنوعة[١]، نسوق هنا بعض أمثلة منها:

١ ـ العقود نصف المستديرة.

٢ ـ العقود ذات القطوع.

٣ ـ العقود المدببة.

٤ ـ العقود المكونة من ثلاثة أقواس.

٥ ـ القباب الكروية، وأنصاف هذه القباب.

٦ ـ القباب المكوّنة من أهرام مضلعة.

٧ ـ الأنواع المختلفة من المحاريب.

٥, ١ , ٤ ـ القياسات الكونية: قياسات الأرض

يُعتبرُ علماء العرب والمسلمين أول من استخرج ـ بطريقة علمية ـ طول درجة من خط نصف النهار، أي مقدار درجة من أعظم دائرة من دوائر سطح الكرة الأرضية، ونشير فيما يلي إلى أهم من قام بهذه القياسات (الجدول رقم ٣):

---

(١) كتاب «مفتاح الحساب»، الباب التاسع من المقالة الرابعة.

١ ـ **فلكيو الخليفة المأمون** (١٩٨ ـ ٢١٨هـ) = (٨١٣ ـ ٨٣٣م)، وقد أجروا قياسين لطول الدرجة أولهما بلغ ٥٦ ١/٤ ميلا عربيا، وثانيهما بلغ ٥٧ ميلا عربيا (الميل العربي = ١٩٧٣,٢ مترا).

٢ ـ **سند بن علي، أبو الطيب** (حوالي ٢٣٦ هـ = ٨٥٠م)، وعلي بن عيسى، وعلي بن البحتري، وقد ذكروا ان محيط الارض يعادل ٤١ ٢٤٨ كيلومترا.

٣ ـ **ابو الريحان محمد بن أحمد البيروني** (٣٦٢ ـ ٤٤٣ هـ) = (٩٧٣ هـ ـ ١٠٥١ م)، وقد أورد طريقة مبتكرة لقياس محيط الارض، ونبين فيما يأتي الى اي مدى كانت دقة قياساته (جدول ٢أ) والجدول ٢ب):

٤ ـ القياسات المَرْوِيَّة عن قاضي زاده ابن الرومي (ت: ٨١٥ هـ = ١٤١٢م) في شرحه على «الملخص في الهيئة» لمحمود بن محمد بن عمر الجغميني (ت: ٧٤٥ هـ = ٤/ ١٣٤٥م)، ومحمد بن مباركشاه الشهير بميرك البخاري (القرن ٨ هـ = ١٤م) في شرحه على «حكمة العين» لنجم الدين الكاتبي القزويني (٦٠٠ ـ ٦٧٥ هـ) = (١٢٠٣ ـ ١٢٧٧م)، وتقدر قطر الأرض بـ: ٢١٦٤ فرسخا (الفرسخ = ٥٩١٩,٦ مترا).

جدول «٢»

دراسة مقارنة لقيم قياسات قطر الأرض

<table>
<tr><th>القطر المُقاس</th><th>القيم المعُاصِرة</th><th>قياس البيروني</th><th>الفرق</th><th>٪</th></tr>
<tr><td>قطر الأرض عند خط الاستواء: بالكيلومترات</td><td>كيلومتر ١٢٧٥٦</td><td rowspan="2">كيلومتر - ١٢٦٨٣ -</td><td>-٧٣</td><td>-٠,٥٧٢</td></tr>
<tr><td>قطر الأرض عند المدار: القطبي بالكيلومترات</td><td>١٢٧١٤</td><td>-٣١</td><td>-٠,٢٤٤</td></tr>
<tr><td>قطر الأرض عند خط الاستواء: بالكيلومترات</td><td>كيلومتر ١٢٧٥٦</td><td rowspan="2">كيلومتر ١٢٨١٠</td><td>+٥٤</td><td>+٠,٤٢٣</td></tr>
<tr><td>قطر الأرض عند المدار: القطبي بالكيلومترات</td><td>١٢٧١٤</td><td>+٩٦</td><td>+٠,٧٥٥</td></tr>
</table>

من هذه النتائج تبدو بوضوح دقة القياسات التي قام بها علماء العرب والمسلمين، ولعل أدقها هي قياسات أبي الريحان البيروني لقطر الكرة الارضية (جدول ٣).

وعن قياسات العرب يقول كَرْلُو نَلِّينو في كتابه «علم الفَلَكِ: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى»[١]

«أما قياس العرب فهو أوَّل قياس حقيقي أجري كله مباشرةً، مع كل ما اقتضته تلك المساحة من المدَّة الطويلة والصعوبة والمشقة، واشتراك جماعة من الفلكيين والمساحين في العمل.

فلا بد لنا من عداد ذلك القياس من أعمال العرب العلمية المجيدة المأثورة».

جدول «٣»

قياسات الأرض عبر الحضارات المتعاقبة
القيم التقديرية في الحضارة الاغريقية

المصدر	قطر الأرض	محيط دائرة نصف النهار	درجة من درجات خط نصف النهار
	كيلومترا	كيلومترا	كيلومترا
عن رواية أرسطو[١] (٣٨٤-٣٣٢ ق.م)	٢٣٥٥٤,٨٧٦	٧٤٠٠٠ (٤٠٠٠٠٠ استطاديون)	٢٠٥,٥٥٥٥
إغريقي مجهول الاسم[٢]	١٧٦٦٦,١٥٧	٥٥٥٠٠	١٥٤,١٦٦٦٦
إراتوستين[٣] Eratosthenes (٥/٢٧٦ - ١٩٤ ق.م)	١٤٨٣٩,٥٧٢	٤٦٦٢٠	١٢٩,٥٠٠
عن الكندي[٤] (٨٠١-٨٧٣م)	١٥٠٦٨,٠٩٥ (٧٦٣٦ ٣/٨ ميل عربي)	٤٧٣٣٧,٩٢٧	١٣١,٤٩٤٢٤
القياس الاول فلكيو المأمون[٥] (٨١٣-٨٣٣م)	كيلو مترا ١٢٧١٨,٧٧٣	كيلومترا ٣٩٩٥٧,٣	كيلومترا ١١٠,٩٩٢٥ (٥٦ ١/٤ ميلا عربيا)
القياس الثاني	١٢٨٨٨,٣٥٧	٤٠٤٩٠,٠٦٤	١١٢,٤٧٢٤ (٥٧ ميلا عربيا)

(١) كتاب «علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى» لكرلو نلينو، ص: ٢٦٨.
(٢) نفس المرجع السابق، ص: ٢٦٩.
(٣) نفس المرجع السابق، ص: ٢٧٤.
(٤) «رسائل الكندي الفلسفية»، الجزء الأول، ص: ٢٥٦.
(٥) نلينو، ص: ٢٨١ - ٢٨٧.

تابع جدول «٣»

المصدر	قطر الأرض	محيط دائرة نصف النهار	درجة من درجات خط نصف النهار
عن سند بن علي، وعلي بن عيسى، وعلي بن البحتري[1]	كيلومترا ١٣١٢٩,٦١٥	كيلومترا ٤١٢٤٨	كيلومترا ١١٤,٥٧٧٧٧
أبو الريحان البيروني[2] (٩٧٣-١٠٥١م) ١١٠,٦٧٧٨	١٢٦٨٢,٧١١	٣٩٨٤٤,٠٠٨	
عن قاضي زاده الرومي (ت: ١٤١٢م) في شرحه على «الملخص في الهيئة» لمحمود الجغميني (ت: ٧٤٥هـ = ٤/١٣٤٥م)[3]، وميرك البخاري في شرحه على «حكمة العين» للقزويني.	١٢٨١٠,٠١٤ (= ٢١٦٤ فرسخا)	٤٠٢٤٣,٩٣٩	١١١,٧٨٨٧١
عند خط الاستواء	١٢٧٥٤,٧٩٤٣١	٤٠٠٧٠,٣٦٨١١	١١١,٦٧٩٧٨٢
الفلكي الألماني[4] Friedrich Wilhelm Bessel			
عند المدار القطبي عام ١٨٤٢م (١٧٨٤م-١٨٤٦م)	١٢٧١٢,١٥٧٩٣	٤٠٠٠٣,٤٢٣٠٤	١١٠,٥٦٣٧٩٠
القيم المعاصرة[5]			
عند خط الاستواء	١٢٧٥٦	٤٠٠٧٤,٢٤٩	١١١,٣١٧٣٥
عند المدار القطبي	١٢٧١٤	٣٩٩٤٢,٣٠٢	١١٠,٩٥٠٨٣

(١) نلينو، ص: ٢٨٩.

(٢) عن كتابه «غرة الزيجات»، وكتابه «الاسطرلاب».

(٣) نلينو، ص: ٢٦٥.

(٤) نلينو، ص: ٣٠٢، ٣٠٣.

(٥) "The Guinness Book of Answers", 1985, p. 31.

تابع جدول «٣»

تحويل وحدات القياس[1]

الذراع الشرعي	= ٤٩٣,٣	مليمترا
(= الذراع الأسود) الميل العربي	= ٠,٤٩٣٣ = ٤٠٠٠ = ٠,٤٩٣٣ × ٤٠٠٠ = ١٩٧٣,٢ = ١,٢٢٥٩٤٧	من المتر ذراعا شرعيا مترا مترا ميلا انجليزيا
الفرسخ العربي	= ٣ = ١٩٧٣,٢×٣ = ٥٩١٩,٦	أميال عربية مترا مترا
الاسطاديون اليوناني (الملقب بالأوليمبي)	= ١٨٥	مترا
الميل الروماني الميل الايطالي (في القرن ١٥م) الميل الانجليزي	= ١٤٧٩,٥ = ١٥٨٩	مترا مترا
	= ١٦٠٩,٣٤٤	مترا

(١) كتاب «علم الفلك: تاريخه عند العرب في القرون الوسطى» تأليف كرلو نلينو، ص: ٢٦٥، ٢٦٨، ٢٧٥، ٢٨٨، ٢٩٣. «وحدات القياس في الحضارة العربية» للدكتور جلال شوقي، مجلة الجمعية المصرية لتاريخ العلوم، القاهرة، العدد الثامن، مارس عام ١٩٧٥م، الصفحات: ٢١ - ٤٤، كذا مجلة «رسالة العلم» بالقاهرة، المجلد ٤٢، العدد الأول، مارس ١٩٧٥م.

طول السنة الشمسية (المدارية)

اهتم علماء العرب والمسلمين - في دراساتهم الفلكية - بتحديد طول السنة الشمسية، ويبين جدول (٤) أنهم توصلوا الى قيم على جانب كبير من الدقة بالمقارنة مع القيم العصرية.

جدول «٤»

مقارنة بين قياسات طول السنة الشمسية

المصدر	طول السنة الشمسية			
	يوم	ساعة	دقيقة	ثانية
بطلميوس القلوذي (تألق حوالي ١٥٠م) (صاحب المجِسطي)		٥	٥٥	صفر
أبوعبدالله محمد بن جابر ابن سنان البتاني (ت: ٣١٧هـ = ٩٢٩م)	٣٦٥	٥	٤٦	٢٤
أبوالفتح عمر بن ابراهيم الخيامي النيسابوري (٤٣٦-٥١٧هـ) = (١٠٤٤-١١٢٣م)	٣٦٥		٤٩	صفر
ألوغ بك بن تيمور (٧٩٦-٨٥٣هـ) = (١٣٩٤-١٤٤٩م)	٣٦٥			٨
القيم المعاصرة ٣٦٥,٢٤٢١٩٨٧٨	٣٦٥		٤٨	٤٨,٧

من هذا الجدول يتضح أن قياسات الخيامي تحمل خطأ يقل عن ٠,٠٠١٪، ومن ثم كان «التقويم الجلالي» المنسوب لعمر الخيامي أدق من التقويم الجريجوري (أو الغريغوري)، فبينما يؤدي هذا التقويم الأخير الى خطأ يبلغ يوما واحدا في كل ٣٣٣٠ سنة، فإن الخطأ الناجم عن «التقويم الجلالي» لا يتعدى يوما واحدا في كل ٥٠٠٠ سنة.

١,٥ ـ علم المناظر

١,٥,١ ـ مدخل

يعرِّف ابن خلدون «علم المناظر» أو علم البصريَّات، فيقول عنه في مقدمته[1] «المناظر (٥) من فروع الهندسة: وهو علم يُتبيَّن به أسباب الغلط في الادراك البصري بمعرة كيفية وقوعها . . وكيفيَّاته بالبراهين الهندسية . .

وقد ألف في هذا الفن كثير من اليونانيين وأشهر من ألف فيه من الاسلاميين ابن الهيثم، ولغيره ايضا تآليف، وهو من هذه الرياضة [2] وتفاريعها.

يتضح من هذا النص ان علم المناظر ـ باعتماده اعتمادا اساسيا على الاصول والبراهين الهندسية ـ قد عدَّه علماء العرب والمسلمين من فروع الهندسة جريا على عُرف علماء الإغريق الذين اعتبروا علم المناظر جزءا لا يتجزأ من علم الهندسة.

ومن أشهر مؤلفات الاغريق في هذا المجال «كتاب المناظر» لاقليدس (٣٣٠ ـ ٢٧٥ ق.م)، وقد حرره نصير الدين الطوسي، ويشتمل على ٦٤ شكلا [3]، كما ألَّف في هذا العلم أبولونيوس Apollonius (٢٦٠ ـ ٢٠٠ ق.م.) صاحب «كتاب المخروطات».

١,٥,٢ ـ بعض انجازات علماء العرب والمسلمين في علم المناظر

من علماء العرب والمسلمين الذين اشتغلوا بعلم المناظر، نذكر على سبيل المثال لا الحصر:

١ ـ **يعقوب بن اسحق الكندي** (١٨٥ ـ ٢٥٢هـ) = (٨٠١ ـ ٨٦٧م) الملقب بفيلسوف العرب، وقد ألف فيه كتابين هما:

أ ـ اختلاف المناظر.

ب ـ اختلاف مناظر المرآة.

٢ ـ **عطارد بن محمد الحاسب** (من القرن الثالث الهجري/ التاسع الميلادي)، وقد كتب رسالة في «المرايا المحرقة».

٣ ـ **أبو علي الحسن بن الهيثم** (٣٥٤ ـ ٤٣٠ هـ) = (٥/٩٦٦ ـ ٨/١٠٣٩م)، ويعتبر بحق رائد علم المناظر، وقد ظهرت أعماله في البصريات في حوالي خمس ترجمات لاتينية وظلت بحوثه تدرس في جامعات اوروبا حتى القرن السابع عشر الميلادي، وفي سنة ١٥٧٢م نشر ريزنر Risner ترجمة لاتينية كاملة لكتاب المناظر بعنوان: Opticae Thesaurus Al-Hazeni اي «الذخيرة في البصريات للهازن»، وهو الاسم المحرف للحسن ابن

(١) طبعة دار الفكر، صفحة: ٤٨٧.

(٢) يقصد أن علم المناظر من الهندسة.

(٣) راجع «كشف الظنون»، صفحة: ١٤٦٣.

الهيثم. هذا ويمكن ايجاز اهم النتائج التي توصل اليها ابن الهيثم على النحو الآتي:

١ ـ تصحيح كيفية الابصار بالقول بخروج الشعاع من الجسم المبصر الى بصر الرائي، لا العكس كما جاء في كتب الاغريق.

٢ ـ تكوين العين وشرح وظائف جميع أجزائها.

٣ ـ بيان طبيعة الضوء ووظائفه، والقول بأن للضوء سرعة فائقة «تخفى عن الحس».

٤ ـ وضع قوانين الانعكاس والانكسار والانعطاف.

٥ ـ ابتداع الخزانة المظلمة ذات الثقب، وهي الصورة الرائدة لآلة التصوير.

٦ ـ تقديم التعليل العلمي لظهور الأشياء كبيرة تحت الماء وخلف الاجسام المشفة.

٧ ـ تقديم تفسير علمي لبعض الظواهر الطبيعية كقوس قزح وهالة القمر، والبرهنة على صحته بطرق هندسية.

٨ ـ اثبات أن الظلام لا يحل الا بعد انخفاض الشمس عن خط الأفق بزاوية قدرها ١٩ درجة، وهي تقل بدرجة واحدة فقط عن القيمة المحسوبة بالحاسبات الالكترونية.

٩ ـ اجراء بحوث مستفيضة في المرايا المسطحة والمرايا ذات القطع المكافىء «المرايا المحرقة»، كذا المرايا الاسطوانية والمخروطية والكروية المحدبة منها والمقعرة.

١٠ ـ تعليل ظواهر الظلال وكسوف الشمس وخسوف القمر.

١١ ـ اغلاط البصر وعللها.

هذا وقد انتفع بهذه الاعمال من علماء الغرب كل من:

١ ـ فيتلو Witelo البولندي (١٢٢٠ ـ بعد ١٢٧٠ م).

٢ ـ روجر بيكن Roger Bacon (١٢١٤ ـ ١٢٩٤م).

٣ ـ ليوناردو دافينشي الايطالي (Leonardo da Vinci) (١٤٥٢ ـ ١٥١٩م).

٤ ـ يوهان كبلر (Johann Kepler) (١٥٧١ ـ ١٦٣٠م).

٤ ـ كمال الدين الفارسي

صاحب كتاب «تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر»، (المتوفى سنة ٧٢٠هـ = ١٣٢٠م)وقد جاء من بعد الحسن ابن الهيثم ليقدم إضافات قيمة الى إسهامات علماء العرب والمسلمين في علم المناظر، نذكر منها على سبيل المثال ما يأتي:

١ ـ الاستفاضة في بحوث الانعطاف، ودراسة أوضاع لم يعرض لها ابن الهيثم، حيث جاوز الفارسي حدود الانعطاف الصرف في الكرة المشفة الى الانعطاف المصحوب بالانعكاس الداخلي.

٢ ـ وضع نظرية جديدة لتفسير ظاهرة التقازيح (ألوان الطيف).

٣ ـ السبق الى القول بأن الضوء يسري بحركة موجية شأنه في ذلك شأن الصوت، وفي هذا الصدد يقول كمال الدين الفارسي في كتابه بلفظه:
«والحركة التي مر تقريرها في الأضواء إنما هي على نحو حركة الأصوات، لا على نحو حركة الأجسام».

وجدير بالذكر أن نشير هنا الى أن الشيخ الرئيس ابن سينا (٣٧٠ ـ ٤٢٨هـ) = (٩٨٠ ـ ١٠٣٧م) كان له رأي صائب في أن سرعة البصر تفوق بكثير سرعة الصوت، وأن الانسان يحتاج في السمع الى تموج الهواء، وقد جاء ذلك في تقرير بهمنيار ابن المرزُبان (المتوفى سنة ٤٥٨هـ = ١٠٦٦م) تلميذ ابن سينا، وذلك في كتابه «التحصيل» حيث يقول ابن المرزبان:
«للصوت أمر يحدث من تموُّج الجسم السيَّال الرطب كالهواء والماء منضغطا بين جسمين متصاكين متقاومين».

٥ ـ تقي الدين ابن معروف

هو تقي الدين محمد بن معروف بن أحمد الأسدي الراصد الدمشقي (المتوفى سنة ٩٩٣هـ = ١٥٨٥م) وله كتاب في البصريات بعنوان:
كتاب «نور حديقة الإبصار، ونور حديقة الأنظار»
توجد نسخة مخطوطة منه في مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ رقم: ٩٣٠.

١,٦ ـ تطبيقات في هندسة الأشكال

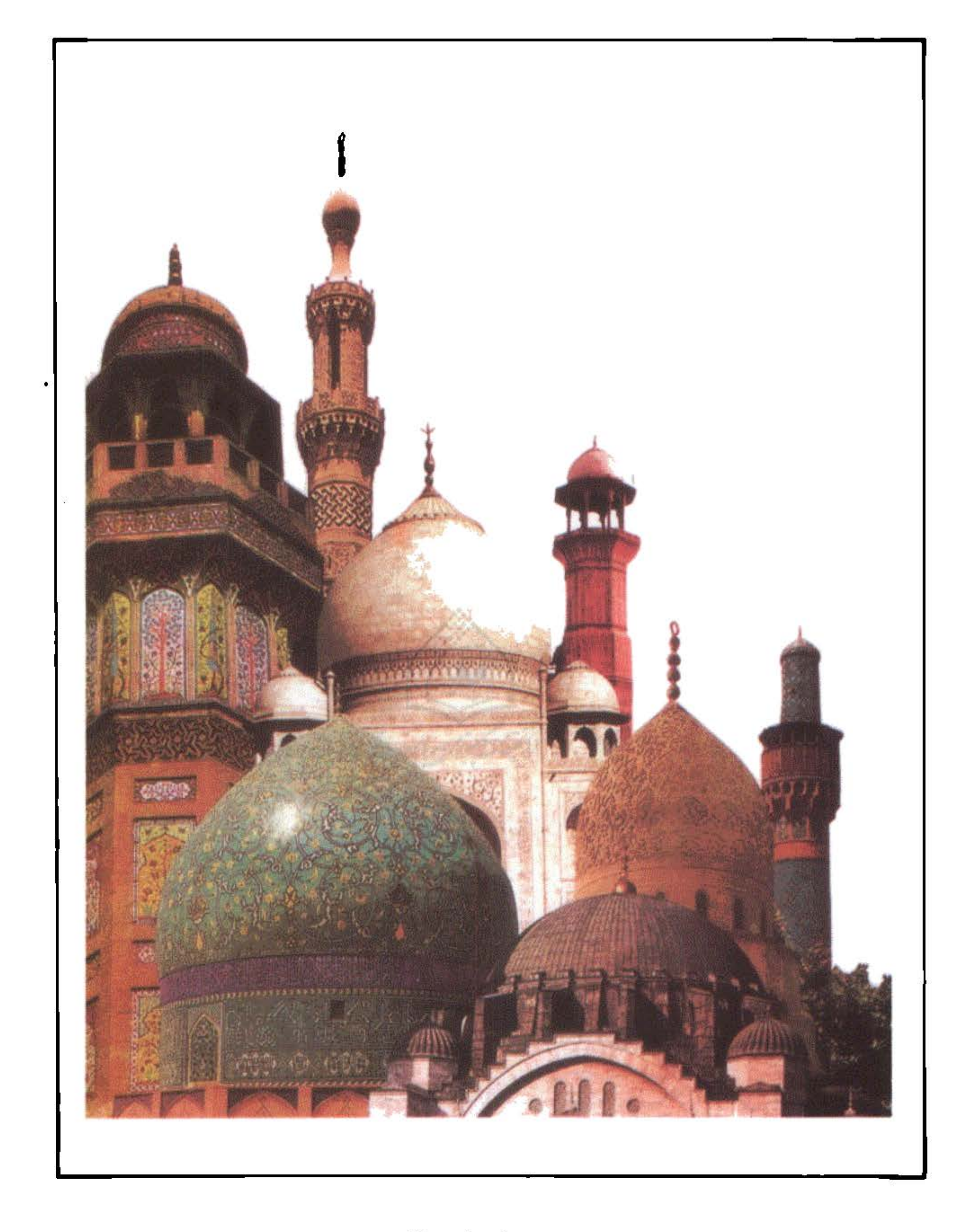
ـ عناصر العمارة الإسلامية

يمكن تصنيف عناصر العمارة الاسلامية الى قسمين أساسيين هما:
١ ـ عناصر بناء أو انشاء: وهي عناصر تُشكِّل جزءا من البناء في حدِّ ذاته.
٢ ـ عناصر جمال: وهي عناصر يقصد بها اضفاء صفات جمالية على المبنى.

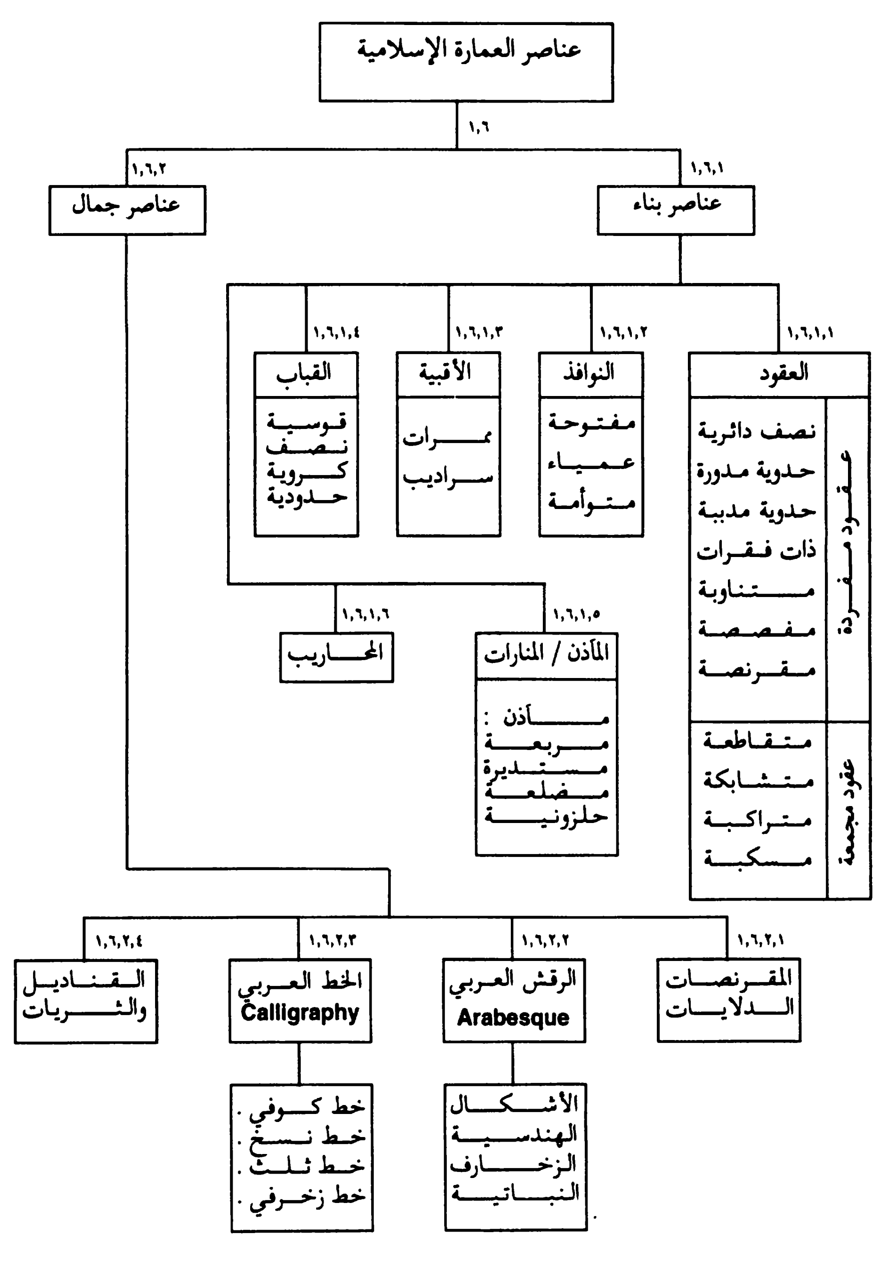
وبلا شك فإن هناك تداخلا وترابطا بين بعض العناصر وبعضها الاخر، فلا يوجد حد فاصل بينهما، وانما قصد بالتقسيم مراعاة الصفات المشتركة بينها.

وتشتمل عناصر البناء على العقود والنوافذ والأقبية والقباب والمآذن أو المناورات، والمحاريب، كما هو مبين بشكل (١٤)، بينما تضم عناصر الجمال المُقرنصات والدلاَّيات وأنواع الرقش العربي، والخط العربي، كذا القناديل.

ونعرض فيما يأتي للسمات الهامة التي تميز عناصر العمارة الاسلامية من منظور تطبيقات هندسة الأشكال.



نماذج من جماليات العمارة الاسلامية



شكل (١٤)
تقسيم عناصر العمارة الاسلامية الى عناصر بناء وعناصر جمال.

١,٦,١ ـ عناصر البناء

١,١,٦,١ ـ العقود

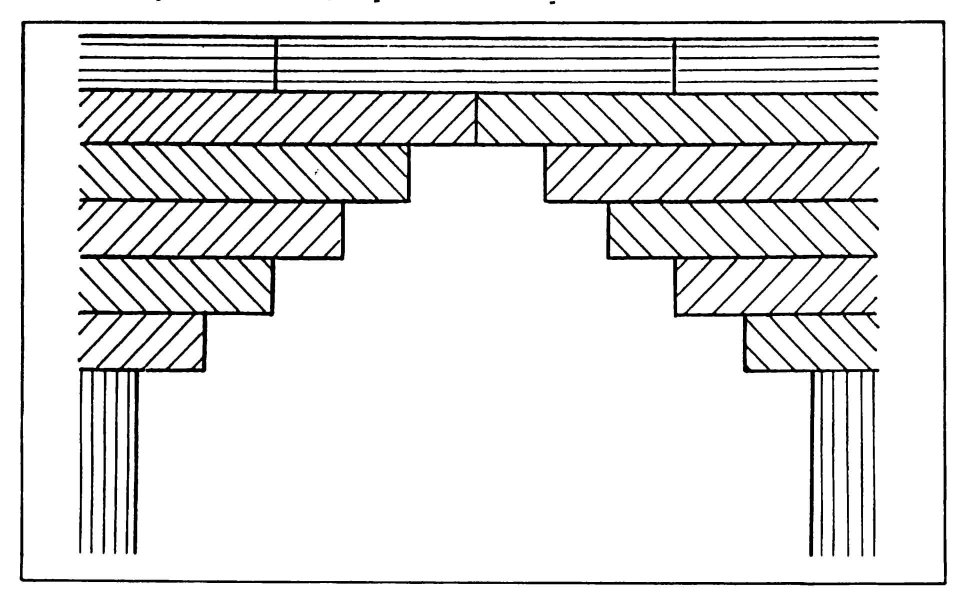
نظرا لاهتمام المسلمين بالعقود بوجه خاص واضافاتهم المبتكرة فيها، كان من المناسب أن نعرض لتطوُّر العقد قبل ان نلج في أشكاله.

تطوُّر العقود

إن الدارس لتطور العقود يجد ان اجتياز الفتحة المطلوب تغطيتها قد بدأ باستخدام طبقات من أعتاب أفقية متدرجة في البروز من طرفي الفتحة بحيث يتزايد بروزها الى الداخل طبقة تلو طبقة حتى تكتمل تغطية الفتحة (شكل ١٥)، ويعزى هذا النوع من التغطية إلى أهل الصين.

ومن الواضح ان هذا الشكل الانشائي المماثل للعقد ليس إلا عقدا مزيفا حيث انه يتركب في الواقع من مجموعة من الأعتاب الكابولية Cantilever Beams اوالطنفية Corbeled ترتكز على بعضها البعض، ومن ثم فإن حالة التحميل فيها تختلف تماما عن تلك التي نجدها في العقد الحقيقي الذي يتركب من كتل حجرية يُشكلَّ كل منها على هيئة وحدة اسفينية «مسلوبة الجانبين»، بحيث إنها تُكوِّن بعد رصها نصف حلقة دائرية (شكل ١٦).

ويعتبر التوصل الى فكرة العقد الحقيقي نقطة تحول هامة في تطور الانشاءات الحجرية.



شكل (١٥)

العقد المزيف False Arch المكون من أعتاب كابولية أو طنفية Cantilever or Corbeled Beams .

العقود المفردة

وتشمل هذه العقود الأشكال الآتية على سبيل المثال لا الحصر: (الاشكال ١٦ الى ١٨)

١ ـ العقد نصف الدائري 1- Semi-Circular Arch

٢ ـ القوس المكسورة او العقد الحدوي المدبب
2- Two-Centred Arch or Pointed Horse-Shoe Arch

٣ ـ العقد الحدوي 3- Horse-Shoe Arch
مُدوَّر Rounded

ـ ذو فقرات متناوبة With alternative Vousoirs

٤ ـ العقد المفصص : 4- Lobed Arch or Multi-foil Arch

٥ ـ العقد المقرنص (شكل ١٧) : 5- Honeycomb Arch or Arch with Squinches

٦ ـ العقد ذو الدلايات : 6- Arch with Stalactites

هذا وتتصدر العقود العربية مجموعة أشكال العقود (شكل ١٨) [١]، وتوصف العقود العربية إما بكلمة : Moorish أو بكلمة : Saracenic نسبة الى المسلمين أثناء تواجدهم بالاندلس.

هذا وقد ظهر العقد الحقيقي أول ما ظهر في بلاد ما بين النهرين خلال الحضارة البابلية منذ حوالي ثلاثة آلاف سنة، وجدير بالذكر ان التغطية بعقد حقيقي تتفوق بلا شك على التغطية بالأعتاب الأفقية البسيطة وذلك لسببين:

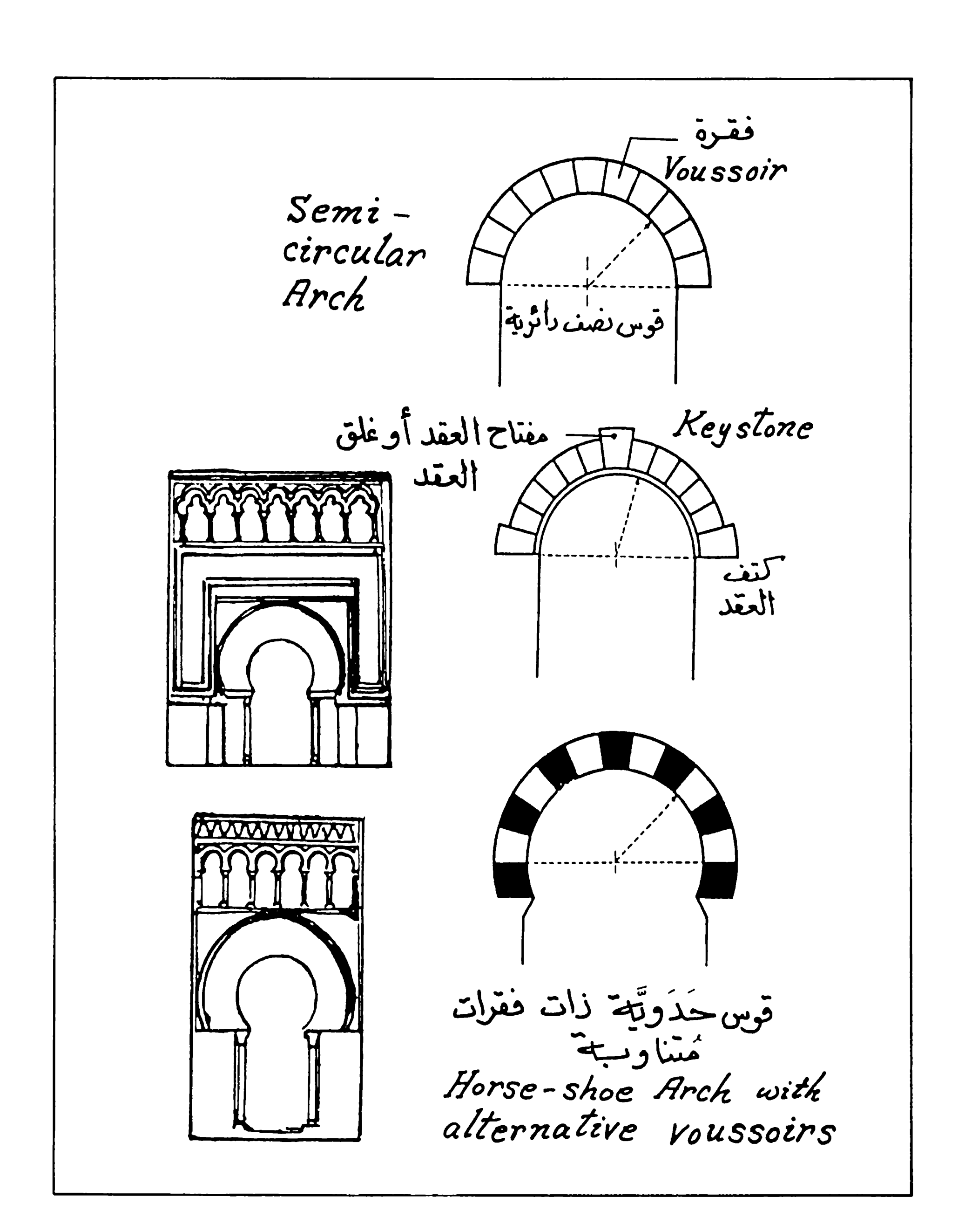
أولهما: أن العقد يمكنه تغطية فتحات أوسع.

وثانيهما: انه يمكن للعقد ان يتحمل قوى اكبر من تلك التي يطيقها العتب الافقي، ويرجع ذلك الى ان الضغط السفلي على المحيط الخارجي للعقد يؤدي الى تضاغط فقرات العقد مع بعضها البعض، ومن ثم الى زيادة تماسكها.

هذا وتجدر الاشارة هنا أيضا الى االأن تاج العقد هو أضعف موضع فيه، لذا كان لزاما عل المصمم ان يراعى ان الحمل على التاج يجب ان يقل عن الحمل الذي تطيقه اي من الفقرات، ويمكن القول عموما أن العوامل ذات التأثير الاساسي على العقد تشمل زاوية التاج «مدى السلبية»، كذا عمق أسطح الارتكاز للفقرات.

---

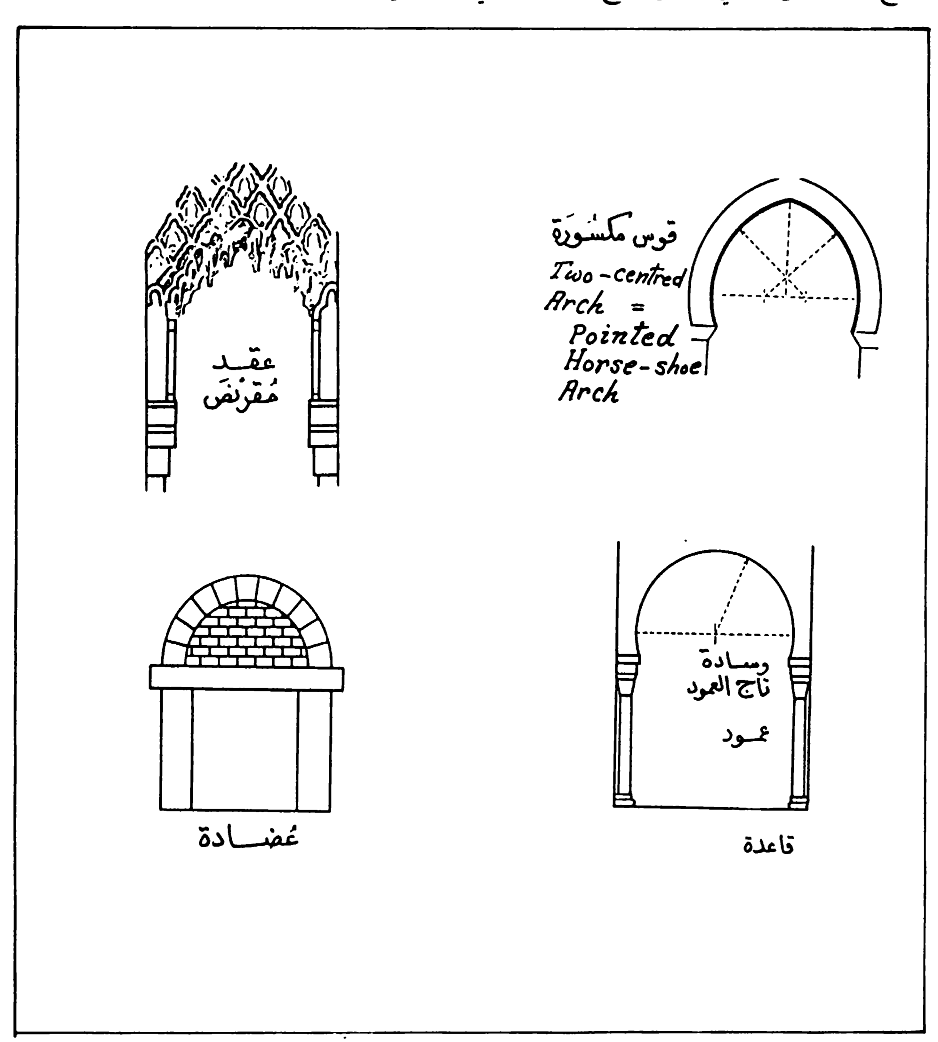
(١) عن كتاب : Sir Banister Fletcher's " A History of Architecture ", University of London, 1975, p. 1310.



شكل (١٦)
أمثلة للعقد نصف المستدير والعقد الحدوي.

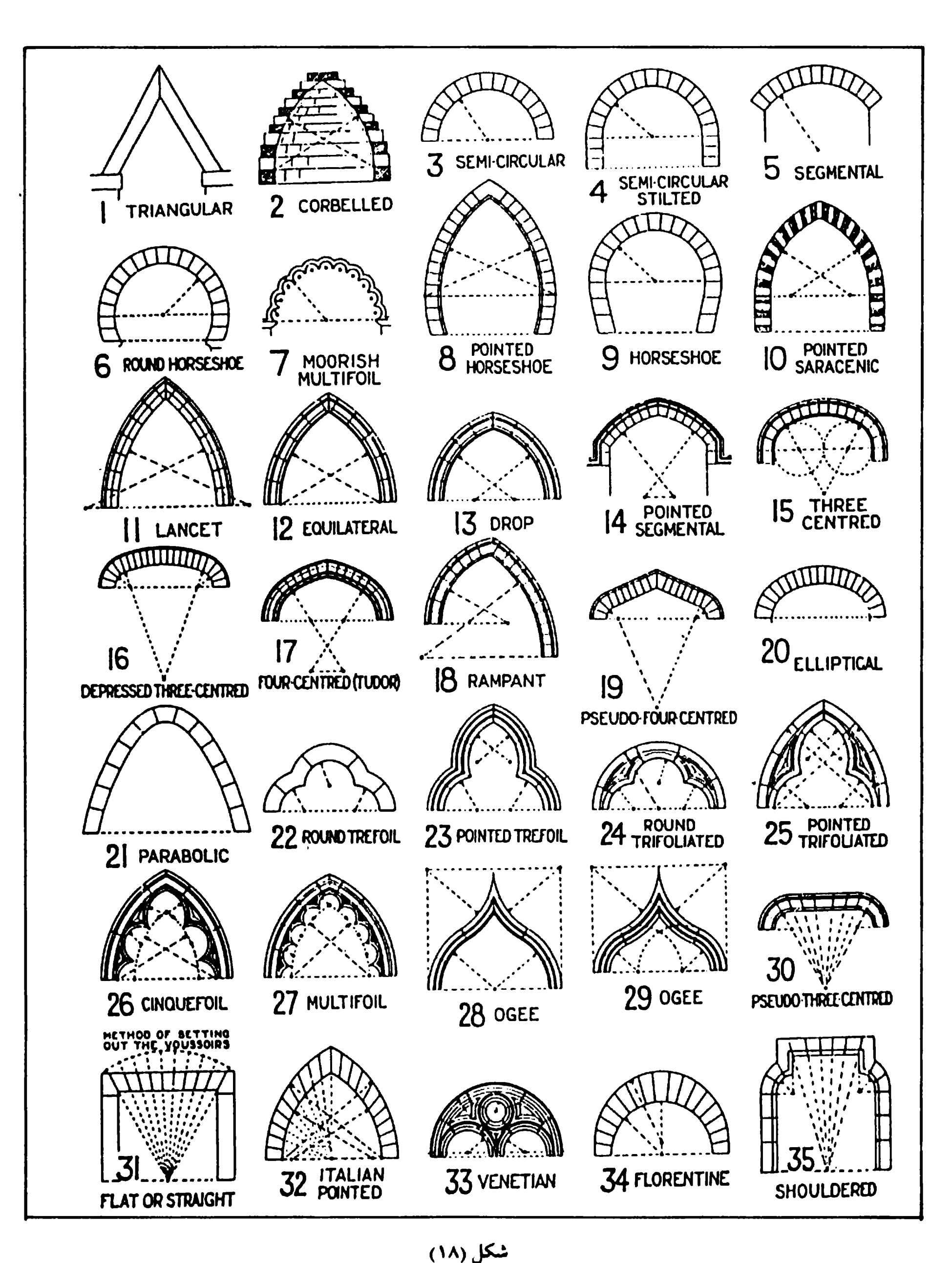
أشكال العقود في العمارة الإسلامية

أولى المسلمون عناية كبيرة للعقود، سواء المفردة منها أو المجمعة، وأبدعوا في تشكيلها وزخرفتها أيما ابداع، . ونعرض فيما يلي لبعض نماذج من العقود التي ظهرت في العمائر الاسلامية (الأشكال ١٦ حتى ٢٢).



شكل (١٧)

أمثلة للعقد الحدوي المدبب والمستدير، كذا للعقد المُقرنص وللعضادة.



شكل (١٨)

دراسة مقارنة لأشكال العقود (لاحظ العقود العربية من ٦ إلى ١٠) (أندلسي إسلامي = **Moorish & Soracenic**)

أ ـ العقود المفردة

الأشكال ١٦ إلى ١٨ كما سبق بيانها.

ب ـ العقود المجمعة

(الأشكال ١٩ حتى ٢٢)

تتخذ العقود المجمعة ـ وهي سمة من سمات العقود العربية عدة أشكال منها:

١ ـ العقود المتقاطعة 1- Intersecting Arches

٢ ـ العقود المتشابكة 2- Joined Arches

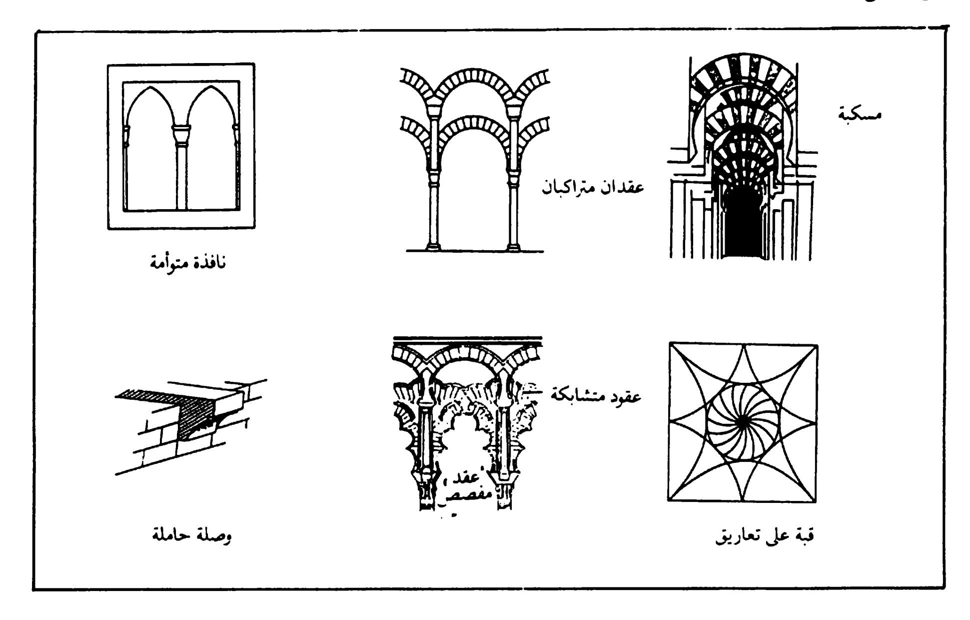
(الأشكال ١٩ ـ ٢١)

٣ ـ العقود المتراكبة 3- Lapping Arches

(شكلا ١٩، ٢٢)

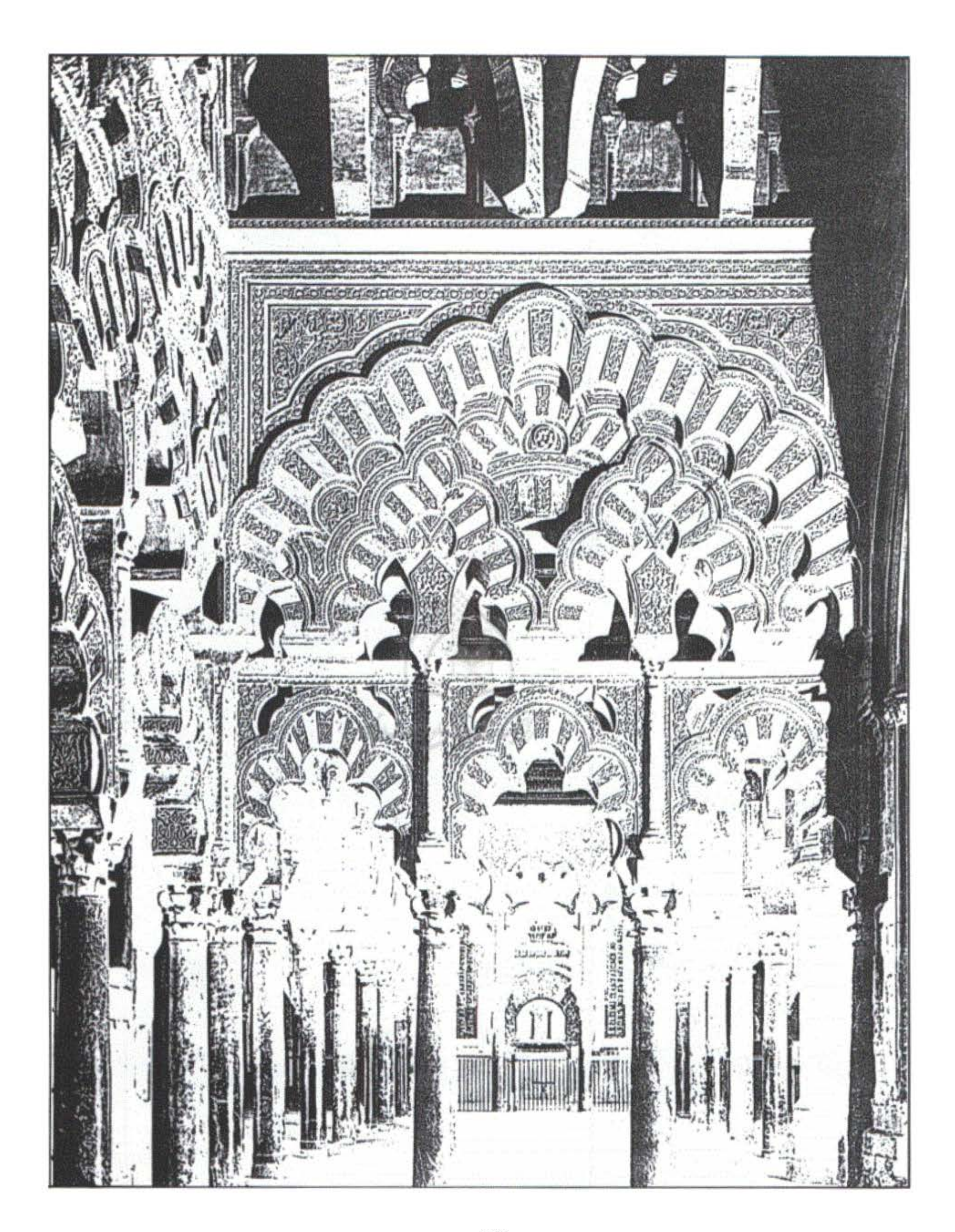
٤ ـ المسكبة (شكلا ١٩، ٢٢)

هذا وقد اقتبس الغرب كثيرا من أشكال العقود التي ظهرت في الحضارة الاسلامية، كالعقد الحدوي وتنويعاته (الأشكال ١٦ ـ ١٨)، والعقد المدبب (شكلا ١٧، ١٨)، والعقد المفصص (الأشكال ١٨ ـ ٢١) على سبيل المثال لا الحصر.



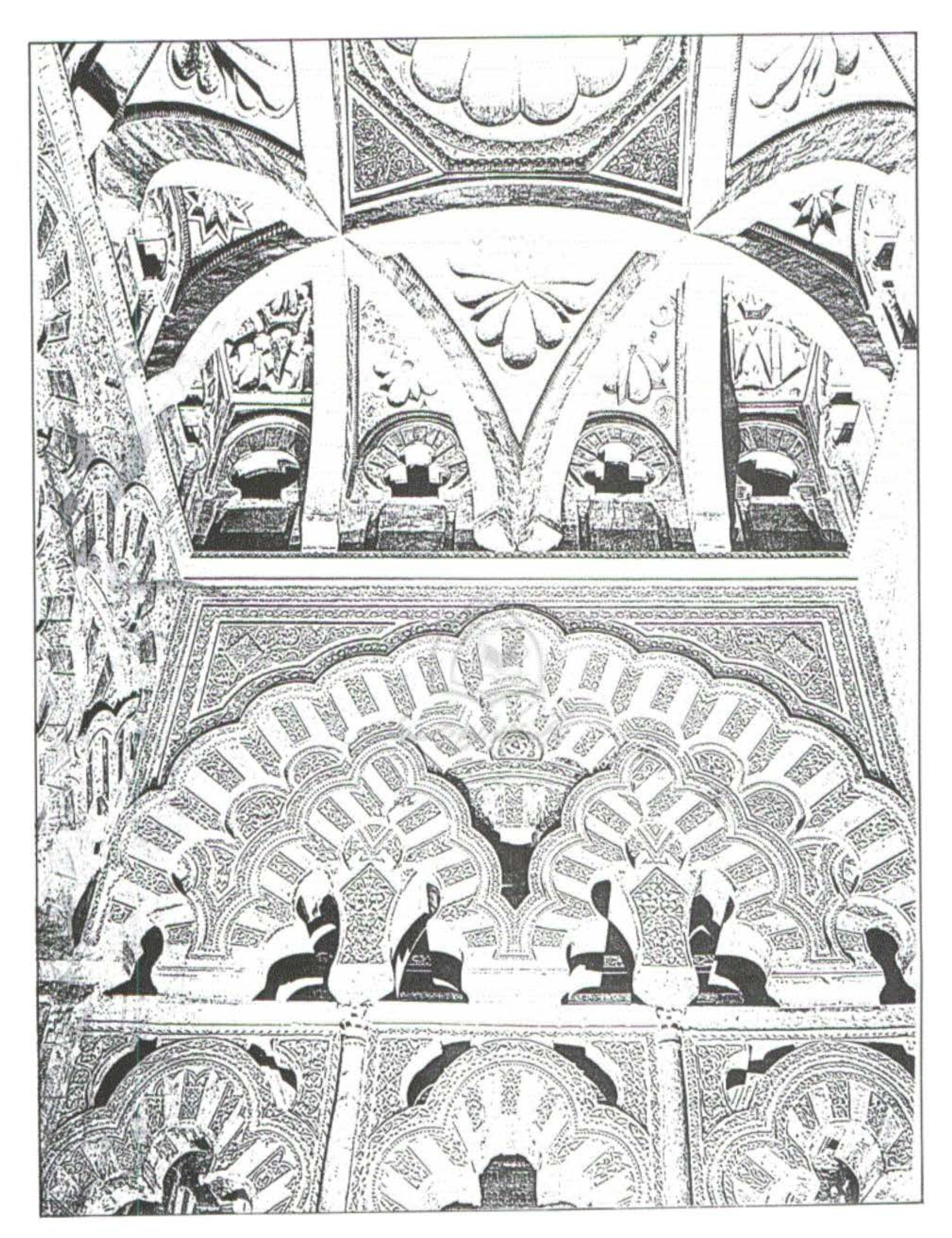
شكل (١٩)

أمثلة للعقود المتراكبة والمتشابكة، والمسكبة، وقبة على تعاريق، ونافذة متوأمة.



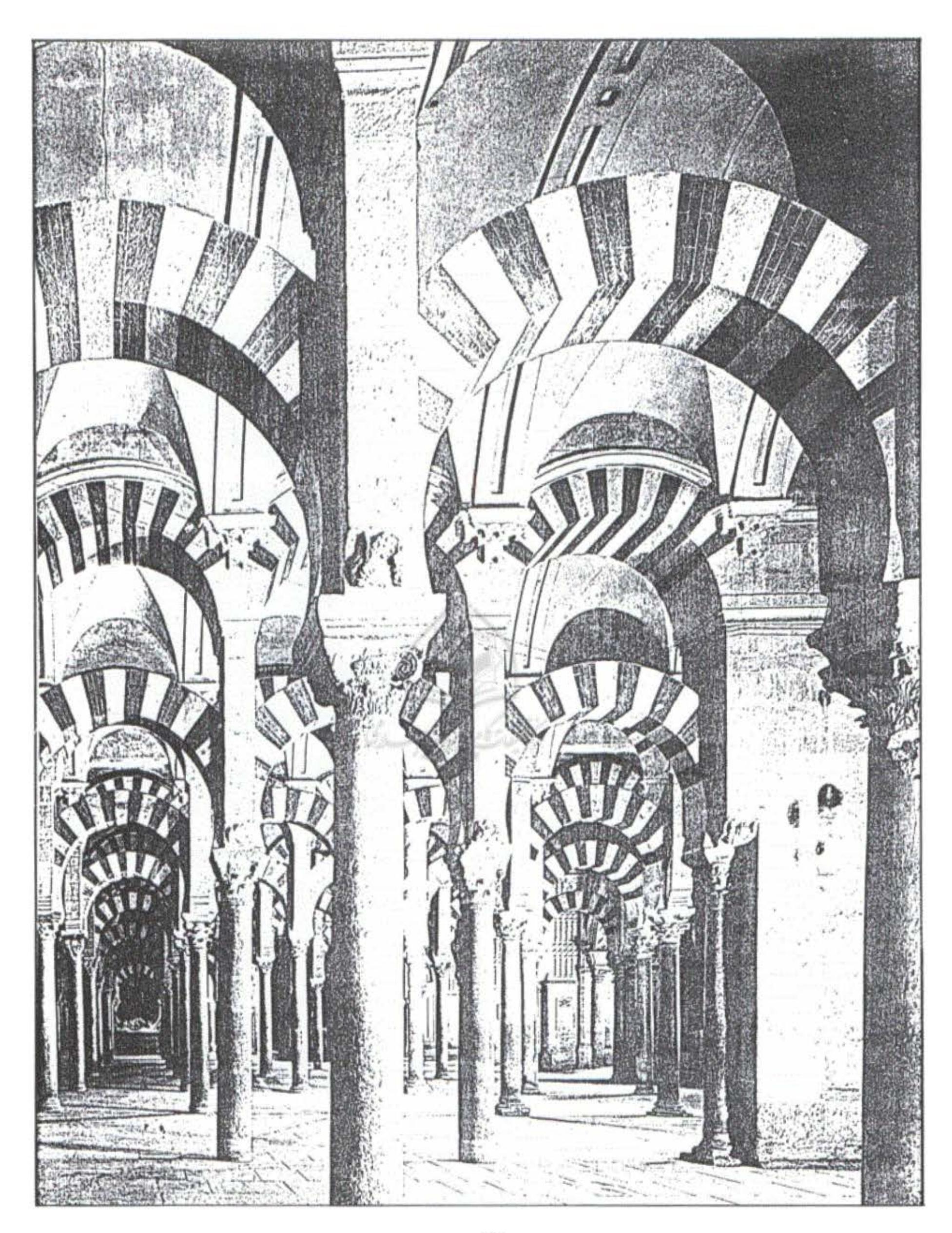
شكل (٢٠)

مثال للعقود المفصصة والمتشابكة في الجامع الكبير بقرطبة، ويظهر - في الخلف - محراب الحكم الثاني.



شكل (٢١)

أعلى محراب الحكم الثاني مع القبة ذات التعاريق بالجامع الكبير بقرطبة.



شكل (٢٢)

مثال للعقود المتراكبة والمسكبة من مسجد عبدالرحمن الأول بالجامع الكبير في قرطبة.

٢, ١, ٦, ١ـ النوافذ

تجدر الإشارة هنا إلى أن المسلمين قد استعملوا في عمائرهم ثلاثة أنواع من النوافذ هي :

- النوافذ المفتوحة Through Windows
- النوافذ العمياء (غير النافذة) Blind Windows
- النوافذ المتوأمة Twin Windows

(شكل ١٩)

٣, ١, ٦, ١ـ القباب

لعل المحاولة الناجحة الأولى لتغطية المباني بالقبة ترجع الى القرن الخامس قبل الميلاد، إذ أنه قد عثر في دَيْر أبي النجا بمصر على قاعدة مربعة أنشئت عليها قبة مستديرة، وكان أسلوب الانتقال من الشكل المربع إلى الشكل المستدير باستخدام مداميك، حيثُ يحمِّل قالب طوب على ركن المربع، ثم تأتي الطوبة الثانية لتبرز عن الأولى قليلاً الى الداخل وهلم جرا، لنصل الى شكل قريب من الاستدارة تُنشأ عليه القبة.

وتُعتبر قبة مسجد الصخرة بالقدس من أولى القباب التي استخدمت في العمائر الإسلامية وكان ذلك عام ٧٢هـ = ٦٩١م، وتقوم القبة على بناء مثمن الشكل يتكون من اعمدة وأكتاف، وتضم الرقبة الأسطوانية للقبة ست عشرة نافذة.

ولقد كانت عملية تغطية الفتحة المربعة بقبة مستديرة تمر بمرحلتين هما :

مرحلة الانتقال الأولى : من الشكل المربع إلى الشكل المثمن، وذلك بقصد انقاص الزوايا الجانبية.

ومـرحلة الانتقال الثانية : من الشكل المثمن إلى الشكل تام الاستدارة، وقد تحقق ذلك باستخدام مقرنصات Squinches تشبه المحار، أو مثلثات كروية مقلوبة في أركان المثمن.

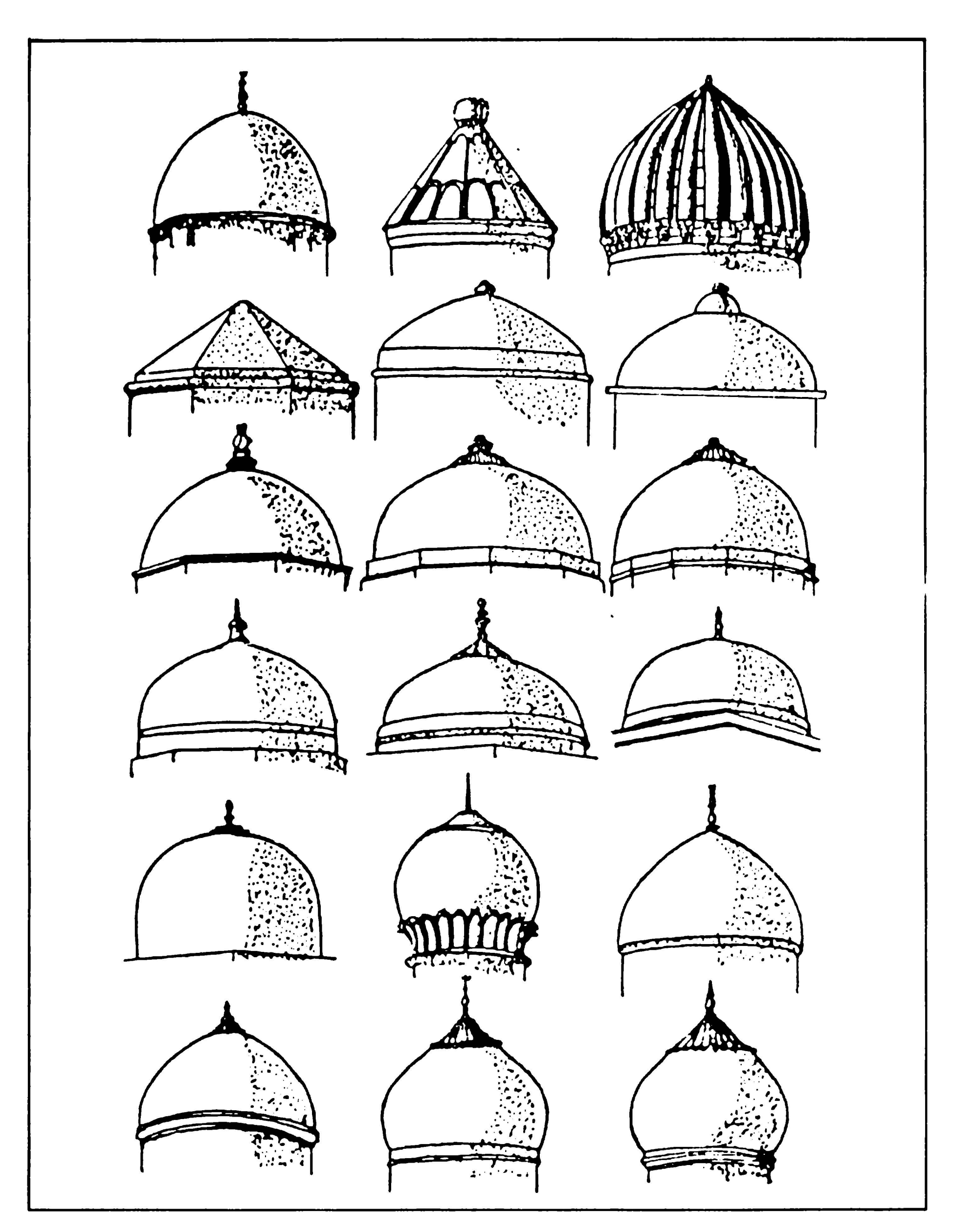
ويقـدم شكـل (٢٣) نماذج لأشكـال متنوعة لقباب المساجد المستعملة في مشرق العالم الاسلامي ومغربه، كما يبين شكلاً (٢٤) ، (٢٥) مثالين لزخرفة القبة من الخارج (شكل ٢٤) ومن الداخل (شكل ٢٥).

٤, ١, ٦, ١ـ المآذن ـ المنارات

مدخل

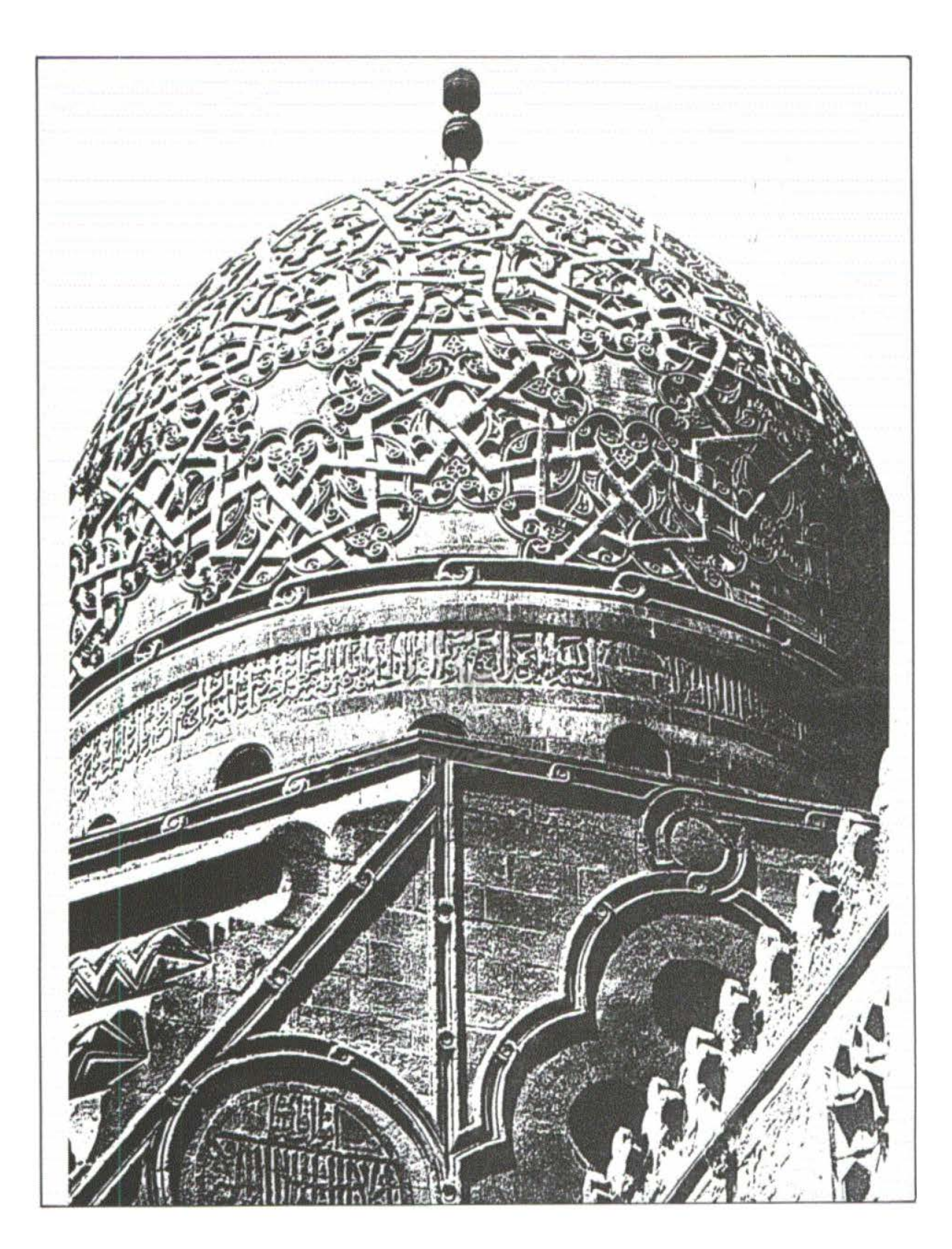
لم تكن هناك على عهد رسول الله الكريم أية مآذن، حيث كان يكتفي بالأذان بالارتقاء على ظهر المسجد أو على أعلى بناء حوله.

وكلمة المئذنة تنتسب إلى الأذان للصلاة، وكمرادف لهذه الكلمة استعملت كلمة المنارة باعتبار أن المآذن الأولى في مصر وفي شمال افريقيا (على شاطىء البحر الابيض المتوسط) قد شيدت على منوال منارة



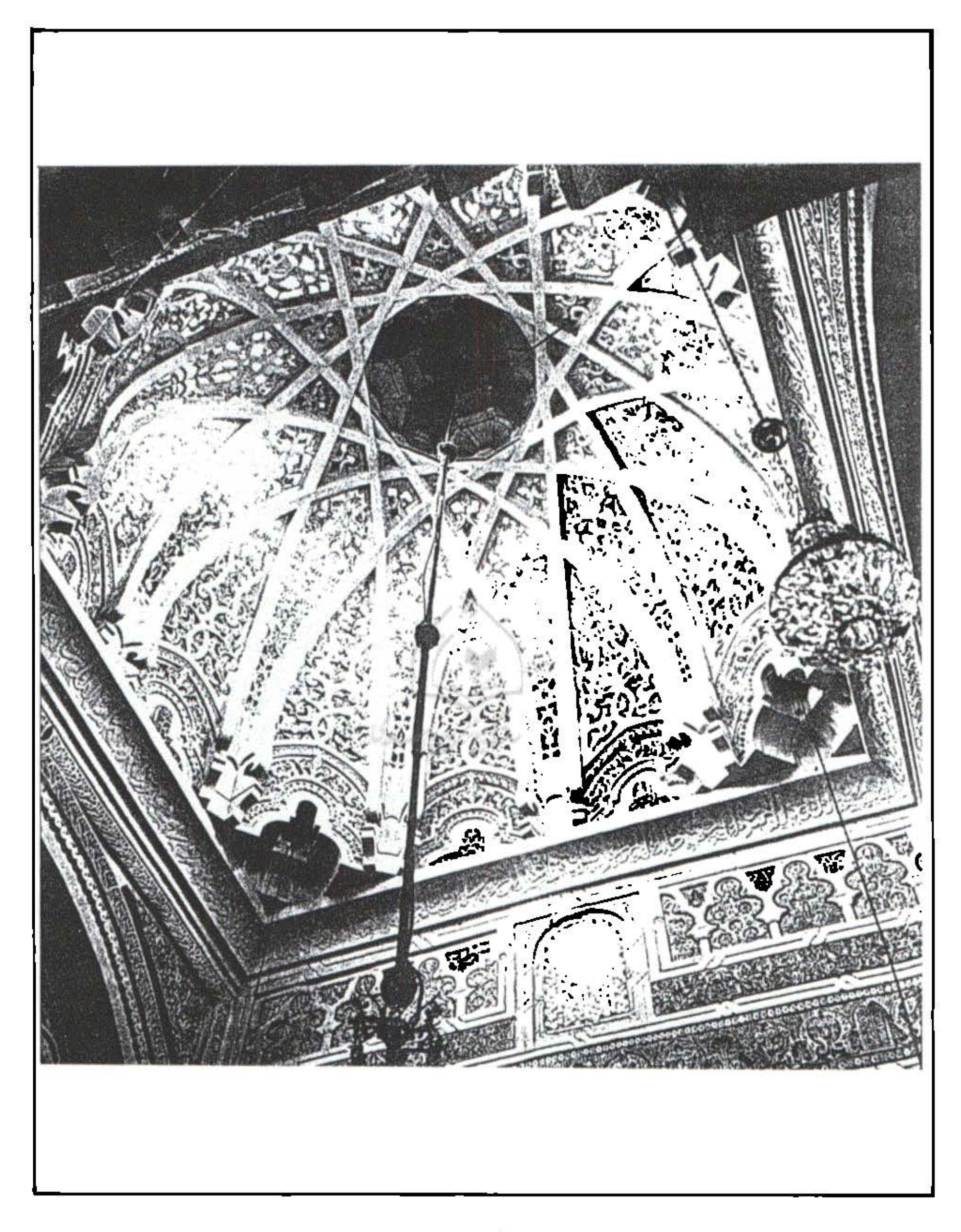
شكل (٢٣)

أمثلة من القباب المستعملة في العالم الاسلامي.



شكل (٢٤)

قبة السلطان قايتباي بالقاهرة، وتجمع زخارفها بين الأشكال الهندسية والعناصر النباتية.



شكل (٢٥)

قبة تعلو محراب الجامع الكبير بتلمسان بالجزائر، تزينها من الداخل تعاريق وزخارف شريطية رائعة .

الاسكندرية التي كانت تضاء عند قمتها لتهدي السفن، فضلا عن أن كلمة المنارة ربما تكون قد استخدمت في معنى مجازي ايضا هو إنارة القلب بالايمان عند الدعوة من على المنارة للصلاة، فهي بمثابة وسيلة لهدى الناس بنور الدين.

ولقد اقتبست المنارات أو المآذن الأولى في الإسلام أشكال الأبراج القديمة ذات الهيئة المربعة، كما امتد الاقتباس إلى منارة «فاروس» Pharos Lighthouse بالاسكندرية [1] التي تعتبر أول منارة ضخمة في العالم (شكل ٢٦) وقد بدىء في تشييدها على جزر فاروس بالقرب من ساحل مدينة الاسكندرية في حوالي سنة ٢٨٣ قبل الميلاد، واستغرق بناؤها حوالي احدى عشرة سنة، وترتفع المنارة حوالي ١١١ متراً فوق قاعدتها المربعة، وتحمل عند قمتها أضواء لارشاد السفن، وقد دمرت منارة الاسكندرية بفعل زلزال، وذلك سنة ١٣٠٧ أو ١٣٢٦م، وبذلك تكون هذه المنارة قد صمدت حوالي ستة عشر قرناً من الزمان، وهي آخر عجائب الدنيا السبع التي لم يبق منها في الوقت الحاضر سوى الهرم الأكبر بالجيزة بمصر.

هذا ويبين شكل (٢٧) بعض المراحل التي مرَّت بها عمارة المآذن من القاعدة المربعة الى الاشكال الرشيقة ذات الزخارف البديعة، كما يبين شكلا (٢٨)، (٢٩) أمثلة عديدة للمآذن/ المنارات المستعملة في مساجد وجوامع العالم الاسلامي.

ونشير فيما يأتي إلى بعض مآذن ذات سمات خاصة.

منارة الاسكندرية بوصف ابن جبير[2]

(٥٣٩ - ٦١٤هـ) = (١١٤٤ - ١٢١٧م)

عن منار الاسكندرية يقول ابن جبير في كتابه «رحلة ابن جبير»[3] :

«ومن أعظم ما شاهدناه من عجائبها المنار الذي قد وضعه الله عز وجل على يدي من سخر لذلك آية للمتوسمين، وهداية للمسافرين، لولاه ما اهتدوا في البحر الى بر الاسكندرية، يظهر على أزيد من سبعين ميلا. ومبناه في غاية العتاقة والوثاقة طولا وعرضا، يزاحم الجو سموا وارتفاعا، يقصر عنه الوصف، وينحسر دونه الطَّرْف، الخبر عنه يضيق، والمشاهدة له تتسع.

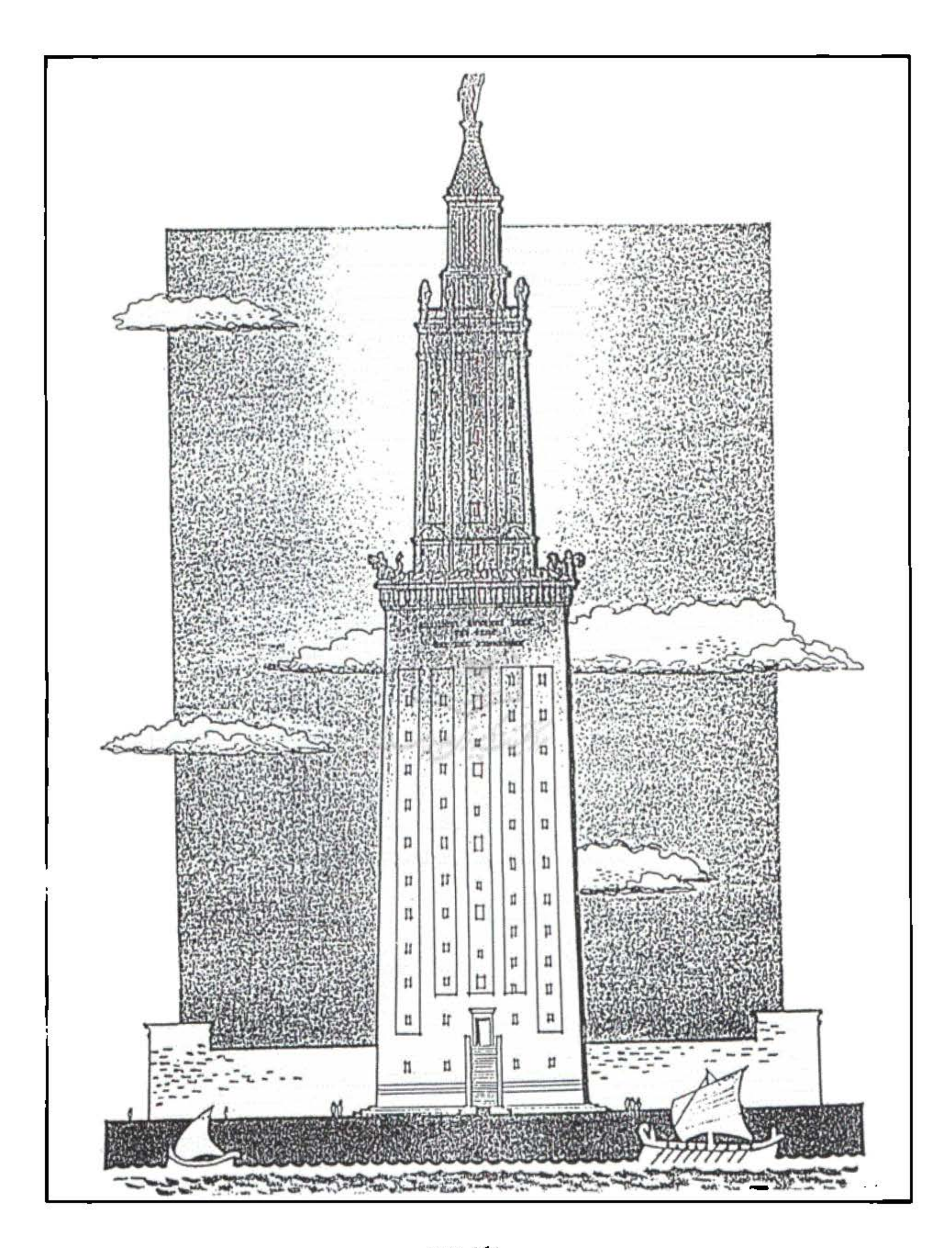
ذرعنا أحد جوانبه الأربعة فألفينا فيه نيفا وخمسين باعا، ويذكر أن في طوله أزيد من مئة وخمسين قامة، وأما داخله فمرأى هائل، اتساع معارج ومداخل، وكثرة مساكن، حتى أن المتصرف فيها والوالج في مسالكها ربما ضل، وبالجملة لا يُحَصِّلُها القول، والله لا يخليه من دعوة الاسلام ويبقيه..».

---

(١) عاش الاسكندر الاكبر - مؤسس مدينة الاسكندرية - في الفترة من ٣٥٦ ق.م. حتى سنة ٣٢٣ ق.م. وأسس مدينة الاسكندرية سنة ٣٣١ق.م. وقد احتلت الاسكندرية مركزاً حضارياً مرموقاً في العالم، ففي القرن الأول قبل الميلاد كانت الاسكندرية أكبر مدن العالم، وكان ذلك في عهد أوغسطس Augustus الذي حكم في الفترة الممتدة من ٦٣ ق.م. حتى سنة ١٤م.

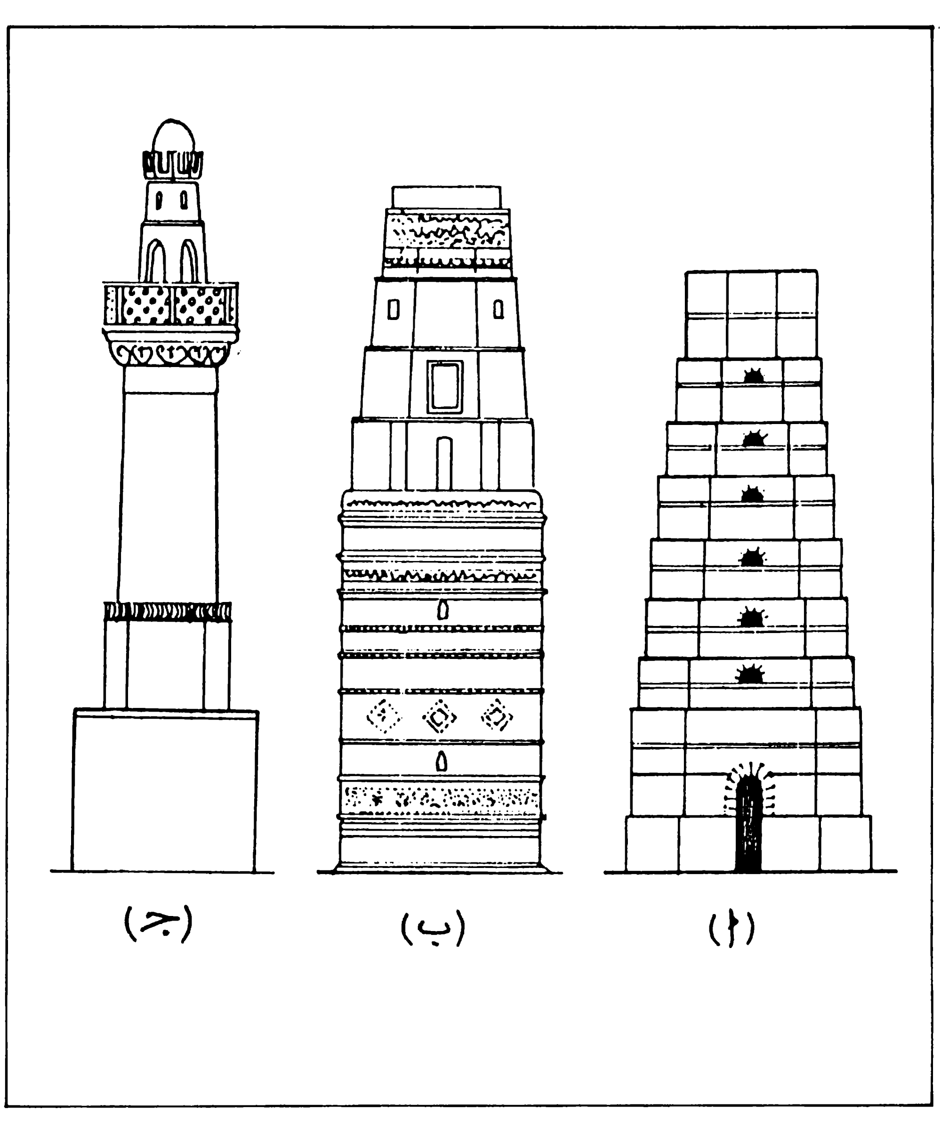
(٢) هو ابوالحسن محمد بن أحمد بن جبير الكناني الأندلسي.

(٣) منشورات دار ومكتبة الهلال، بيروت، الطبعة الثانية، سنة ١٩٨٦م، صفحة ١٤.



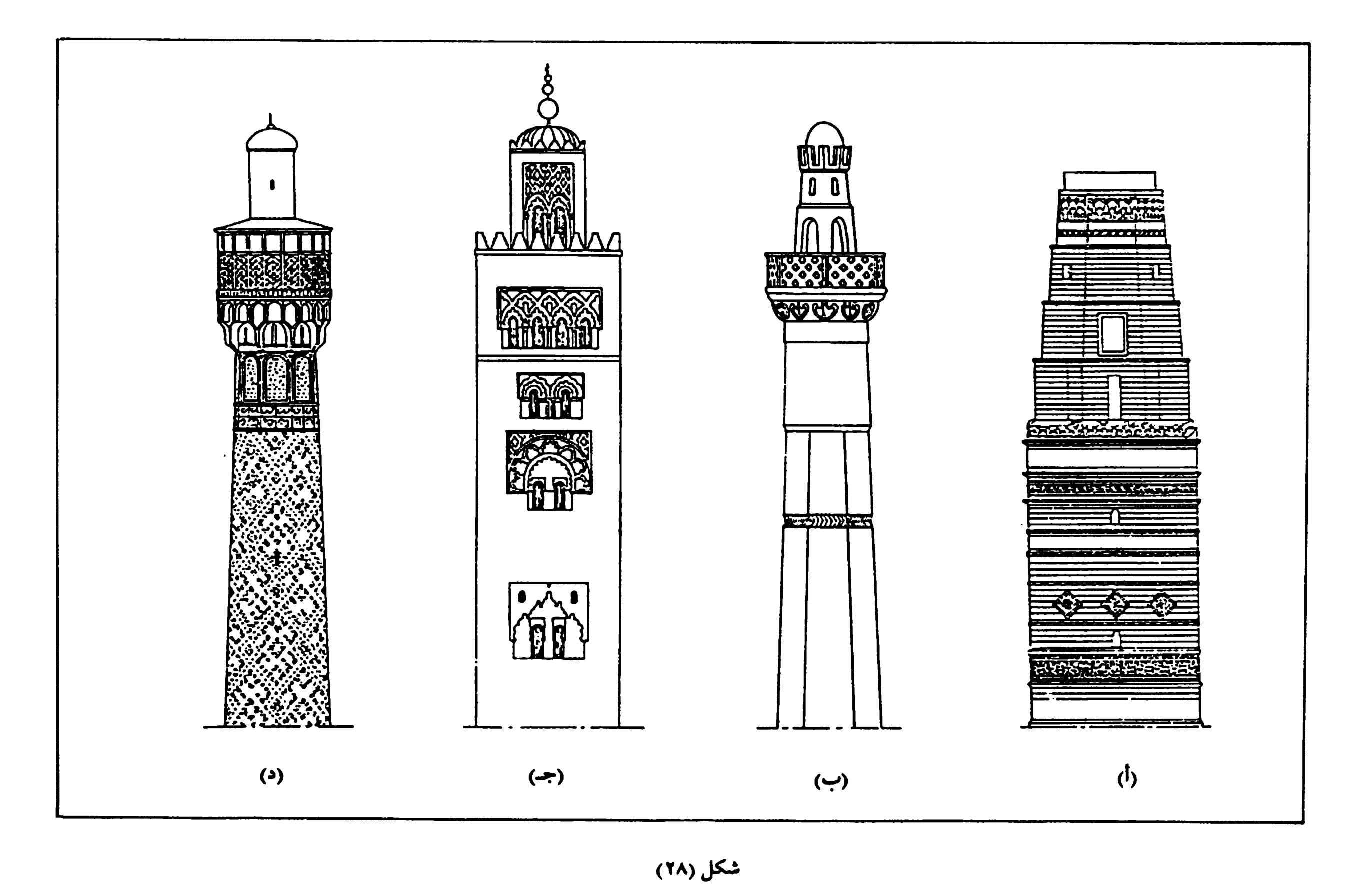
شكل (٢٦)

منارة فاروس بالاسكندرية (٢٨٣ق.م. - ١٣٢٦ م) وكانت إحدى العجائب السبع في العالم القديم.



شكل (٢٧)
مراحل تطور المئذنة/ المنارة.

(أ) الطراز الروماني للمنارات (منارة فاروس دوفر).
(ب) المنارة الغربية لمسجد الحاكم بأمر الله بالقاهرة.
(جـ) طراز متأخر من المآذن يبدأ بقاعدة مربعة، يعلوها وسط مثمن، وينتهي بقمة أسطوانية.



شكل (٢٨)

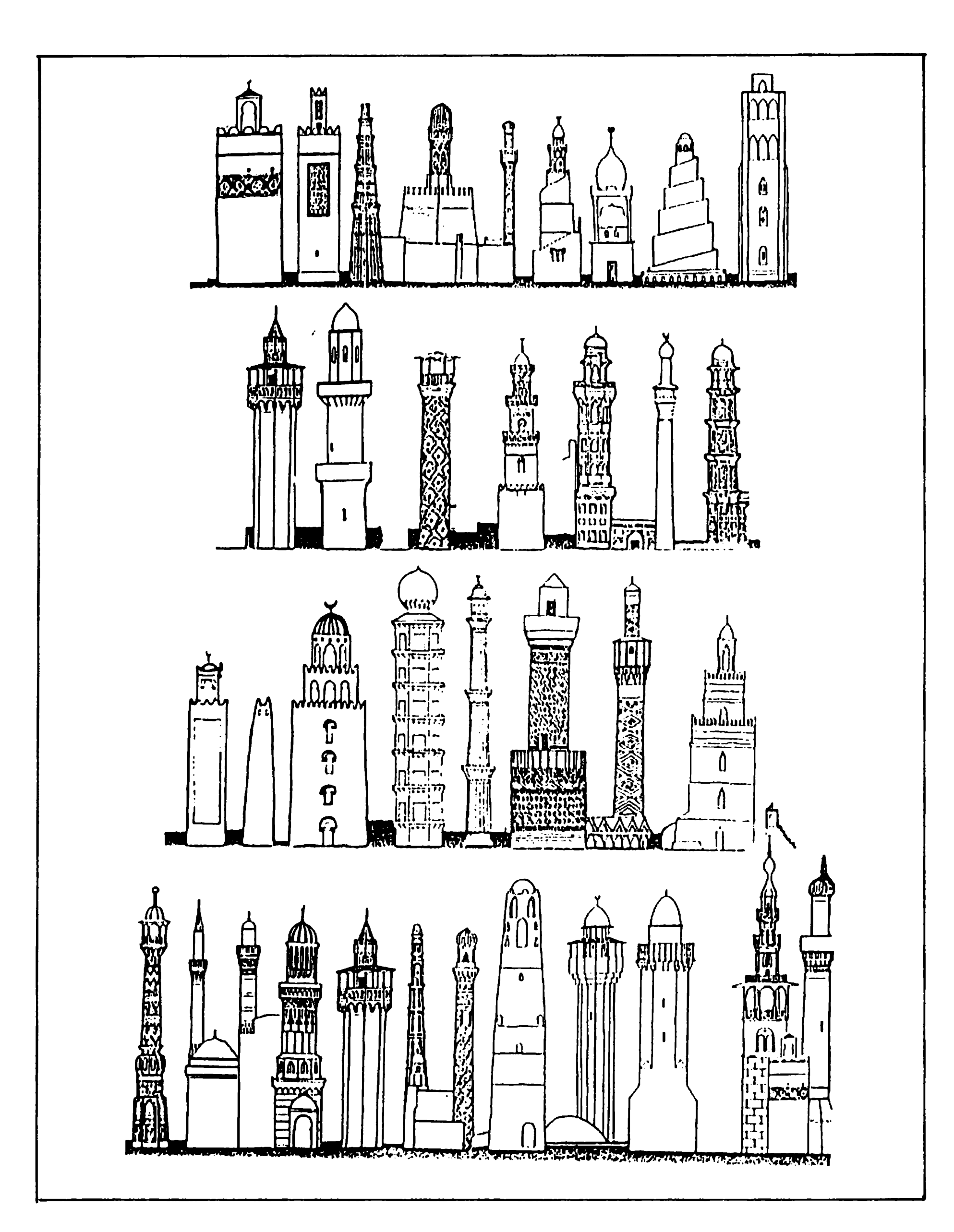
نماذج من المنارات/ المآذن في مدن مختلفة من العالم الاسلامي.

(أ) المنارة الغربية لمسجد الحاكم بأمر الله بالقاهرة.

(ب) منارة المسجد الجامع بناين بإيران (Nayin, Iran).

(جـ) منارة مسجد الكتبية بمراكش.

(د) منارة مسجد شحار باغ باصفهان (Chahar Bagh Mosque).



شكل (٢٩)
أمثلة لأشكال متعددة من المآذن المستعملة في مشارق العالم الاسلامي ومغاربه.

أولى المآذن (القرن الأول الهجري)

تعد أول مئذنة تشيد في الاسلام تلك المنارة التي بناها مسلمة بن مخلد لجامع عمرو بن العاص بمصر، بناء على أمر الخليفة معاوية بن أبي سفيان، ويقال إن مسلمة كان قد رأى منارة الاسكندرية فأنشأ المئذنة الأولى في الاسلام على غرارها.

وتعتبر أقدم مئذنة لاتزال قائمة حتى اليوم مئذنة جامع القيروان بتونس، وكان قد بدأ تشييد الجامع عقبة بن نافع سنة ٥٠هـ = ٦٨٠م، أما المئذنة الباقية فقد أقامها الخليفة الأموي هشام بن عبدالملك سنة ١٠٥هـ = ٧٢٣م.

المنارات الملويَّة

(القرن الثالث للهجرة)

المنارة أو المئذنة الملوية هي منارة مسجد سامراء الكبير التي شيدها الخليفة المتوكل العباسي (٢٣٤ - ٢٣٧هـ) = (٨٤٩ - ٨٥٢م)، وتقوم على قاعدة مربعة متصلة بالمسجد، ترتفع عليها طبقة أسطوانية تستدق كلما اتجهنا صعودا، وتنتهي المئذنة بطبقة مثمنة، ومن فوق القاعدة شيد سلم حلزوني خارجي يدور حول البناء صعودا في اتجاه الطواف (عكس اتجاه عقارب الساعة)، وعلى هذا النمط بنيت منارة مسجد أحمد بن طولون [1] (٢٦٣ - ٢٦٥هـ) = (٨٧٦ - ٨٧٨م) عند سفح جبل المقطم في القاهرة، كذا مئذنة جامع أبي دلف بمدينة سامراء، وقد اقتُبس هذا الطراز من المآذن عن المعابد السومرية والبابلية.

المآذن المربعة

(القرن السادس الهجري)

هناك مجموعة من المآذن تشترك في هيئتها المربعة التي تشبه في شكلها العام منارة الاسكندرية الشهيرة، وكانت هذه المنارة تتكون من طبقات ثلاث، تدخل كل طبقة منها في الطبقة التي تحتها، بحيث إنها تتخذ شكل البرج المدرج.

من هذه المنارات والمآذن نذكر على سبيل المثال:

١ - منارة جامع القيروان بتونس، شكل (٣١).

٢ - منارة جامع الكتيبة بمدينة مراكش.

٣ - مئذنة جامع اشبيلية بالأندلس، وقد حولت الى برج كاتدرائية عرفت باسم جيرالدا (La Giralda).

٤ - مئذنة جامع حسان بمدينة الرباط بالمغرب.

ويرجع تاريخ تشييد هذه المآذن جميعها الى القرن ٦هـ = القرن ١٢م.

---

(١) راجع شكل (٣٠).

منارة مسجد إشبيلية

تعد منارة مسجد إشبيلية بالأندلس من أروع المآذن الاسلامية، وقد شيدها الخليفة أبويعقوب يوسف سنة ٥٨٤هـ = ١١٨٨م على مثال منارة جامع حسان، وجامع الكتيبة المتقدم ذكرهما.

وقد تحولت هذه المنارة الى برج كنسي يعرف اليوم باسم برج «الجيرالدا»، وهي تحوير للكلمة الاسبانية خيرالدا بمعنى الدوّارة، حيث إن السهم المركب في أعلاه يكاد يكون دائم الدوران من شدة الريح عند هذا العلو الذي يبلغ حوالي ٩٦ مترا.

المنارات التركية

تمتاز هذه المنارات بنحافتها البالغة وانتهائها بقمة مخروطية مدببة، فحق تشبيهها بالقلم الرصاص، وقد أخذ العثمانيون هذا الطراز الاسطواني الطويل الممشوق عن أسلافهم السلاجقة، وتنتمي الى هذا الطراز مآذن مسجد السلطان أحمد باستانبول، ومسجد محمد علي بحي القلعة بالقاهرة.

منارات العصر المملوكي

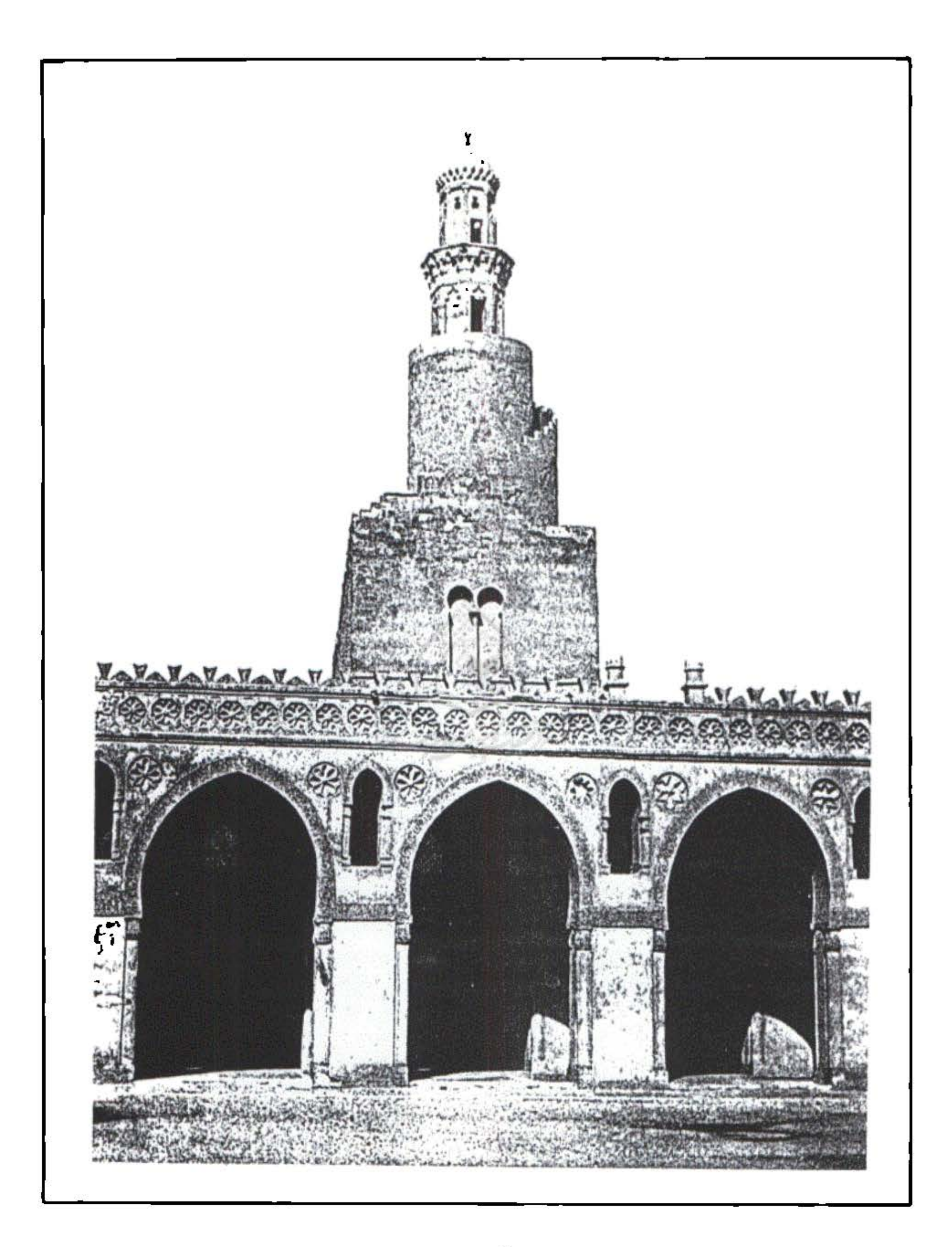
انتشرت هذه المنارات في الفترة الممتدة من القرن ٧هـ الى القرن ١٠هـ (القرن ١٣م ـ القرن ١٦م)، ويتكون معظمها من ثلاثة طوابق ذات أشكال مربعة ومثمنة ومستديرة على التوالي.

منارات متعددة الرؤوس

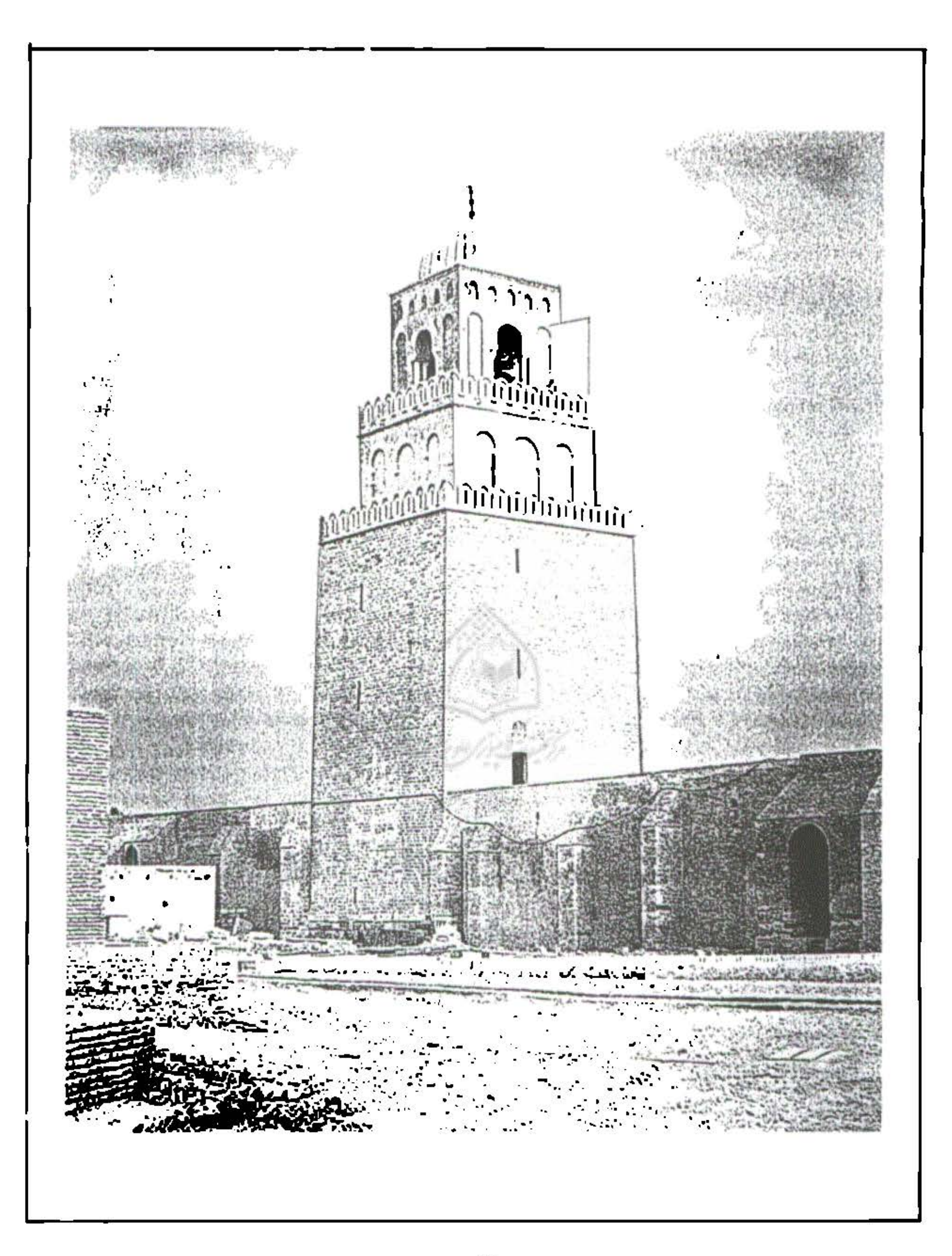
برزت ظاهرة تعدد الرؤوس في عدد من المآذن في مصر ابتداء من القرن ٨هـ (القرن ١٤م)، حيث نجد رؤوسا مزدوجة لكل من مئذنة جامع قايتباي الرماح بحي القلعة، ومئذنة السلطان الغوري بالجامع الأزهر، كما اشتملت مئذنة مدرسة السلطان الغوري بحي الغورية بالقاهرة على أربعة رؤوس.

أعلى مئذنة في العالم الاسلامي

تعتبر مئذنة «مسجد الفتح» أو «مسجد أولاد عنان» الكائنة بساحة محطة مصر بالقاهرة أعلى مئذنة في العالم الاسلامي المعاصر شكل (٣٢)، حيث يبلغ ارتفاعها ١٣٠ مترا، وقد استغرق بناء المسجد عشرين سنة كاملة، ويشغل المسجد مساحة قدرها ثلاثة آلاف مترا مربعا، وتعتبر هذه المئذنة فريدة في نوعها نظرا لحجمها ودقة زخارفها وجمالها، ويوجد بداخل المئذنة مصعد داخلي فضلا عن سلم خرساني لولبي يصل من أسفلها الى أعلاها. أما القبة الرئيسية للمسجد الجامع فيبلغ ارتفاعها ٤٢ مترا عن صحن المسجد.

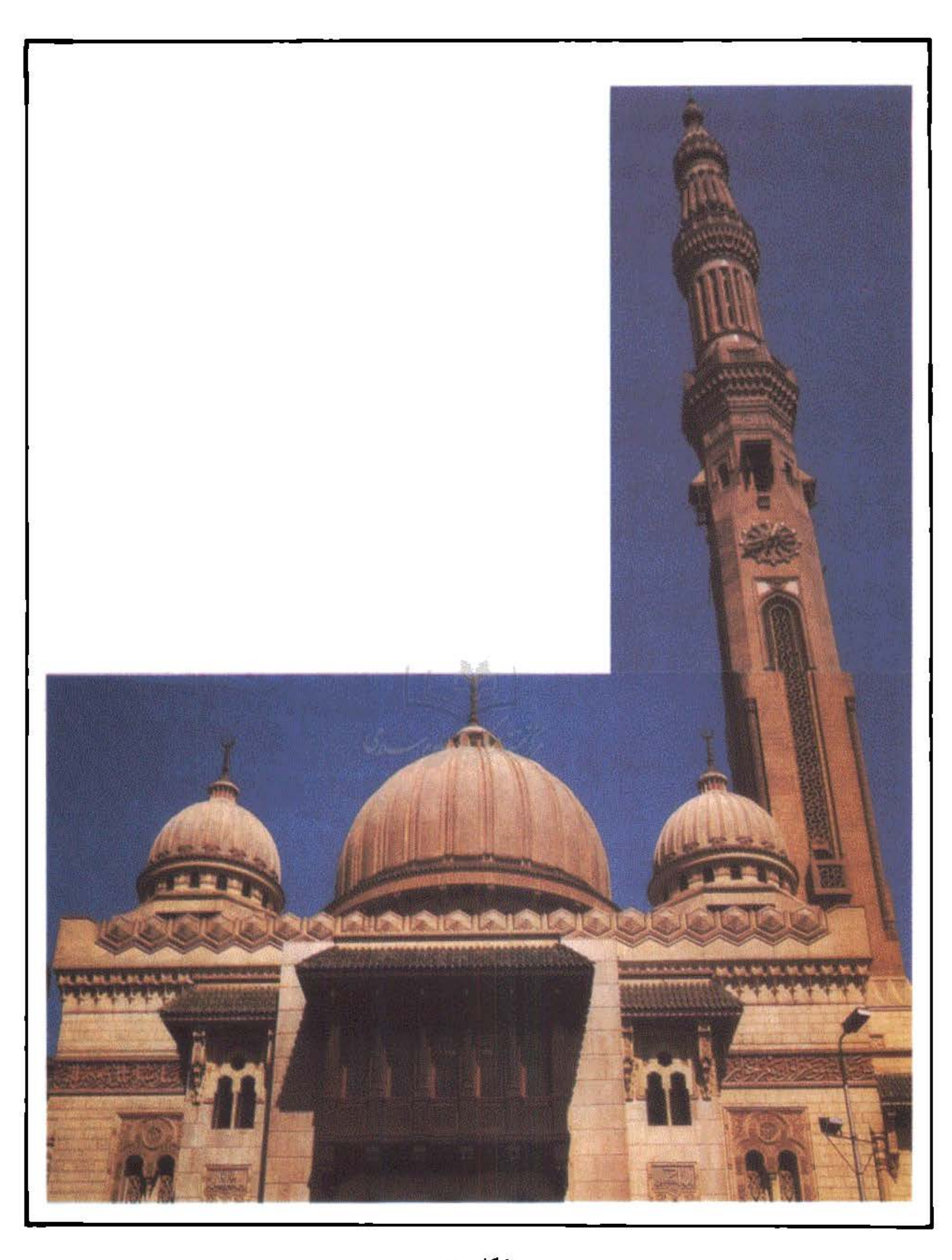


شكل (٣٠)
المنارة الملوية لمسجد أحمد بن طولون بالقاهرة. (القرن ٣هـ = القرن ٩م).



شكل (٣١)

مئذنة الجامع الكبير بالقيروان بتونس (١٠٦ - ١٠٩هـ) = (٧٢٤ - ٧٢٧م).



شكل (٣٢)
أعلى مئذنة في العالم الاسلامي المعاصر، وهي مئذنة «مسجد الفتح» (أو مسجد أولاد عنان) بساحة المحطة بالقاهرة، حيث يبلغ ارتفاع هذه المئذنة ١٣٠ مترا.

١,٦,١,٥ - المحاريب

المحراب (Niche) هو ذلك العنصر الذي يحدد اتجاه القبلة في المساجد والجوامع، وهو بالتالي مَحَطُّ أنظار المتجهين صوب الكعبة المشرفة للصلاة، ومن ثم فقد حظي المحراب باهتمام القائمين على الزخرفة، حيث تنوعت أساليبها ما بين تكوينات هندسية وأشكال نباتية وخطوط زخرفية، وتضم الاشكال (٢٠)، (٤٦)، (٥١)، (٨٧)، (٩١)، (٩٢) أمثلة لبعض زخارف المحاريب.

١,٦,١,٦ - نماذج من البدايات الأولى للعمارة الاسلامية

١ - قبة الصخرة بالقدس الشريف (٦٦ - ٨٧ هـ) = (٦٨٥ - ٧٠٥م)وقد أدخلت على هذا البناء عدة تعديلات في وقت متأخر، لاسيما سنة ٩٦٩ هـ = ١٥٦١م حيث تمت تكسية الجدران الخارجية بالقاشاني الفارسي والجدران الداخلية بالمرمر.

٢ - كانت المآذن الأولى في الشام أبراج كنائس عدلت لتصبح مآذن، وقد بُنيت مئذنة جامع القيروان بتونس (١٠٦ - ١٠٩ هـ) = (٧٢٤ - ٧٢٧م) على هذا النمط.

٣ - يعتبر الجامع الكبير بقرطبة بالأندلس (١٧٠ - ٣٨٠ هـ) = (٧٨٦ - ٩٩٠م) مثلا متقنا للنماذج الأولى للعمارة الاسلامية، وفيه ألقى كل من ابن حزم (٣٨٤ - ٤٥٦ هـ) = (٩٩٤ - ١٠٦٤م)، وابن رشد (٥٢٠ - ٥٩٥ هـ) = (١١٢٦ - ١١٩٨م) دروسهما.

ويشتمل هذا البناء من ابتكارات الفكر الاسلامي المبدع على العناصر الآتية:

١ - عقود حدوية مدورة (طاق حدوي).
٢ - عقود مفصصة.
٣ - عقود متشابكة.
٤ - عقود متراكبة.
٥ - نوافذ عمياء ذات عقود مضاعفة.
٦ - نوافذ عمياء ذات عقود متقاطعة.
٧ - قباب ذات روافد مصلبة.
٨ - قباب مرفوعة على تعاريق ذات شكل نجمي.

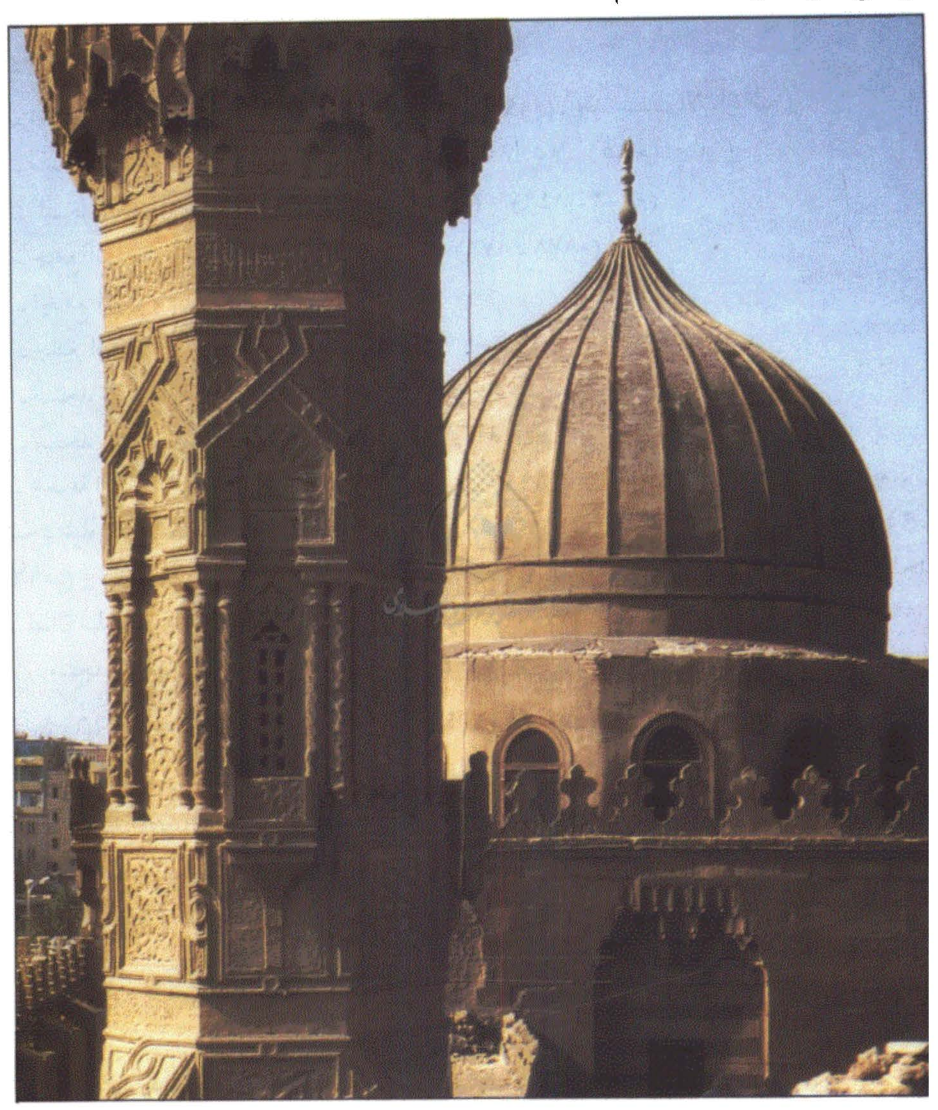
١,٦,١,٧ - نماذج من انجازات العمارة الإسلامية

(أ) من القصور

١ - قصر الحير (١١٠ - ١١١ هـ) = (٧٢٨ - ٧٢٩م).

(ب) العناصر النباتية المحورة عن الطبيعة.

وقد أخذ المسلمون بهذا المنحنى تحرزا من التورط في رسم او نحت التماثيل، وهو امر مكروه في الاسلام خوفا من الانزلاق الى ساحة الاصنام.



شكل (٣٣)
مئذنة الجامع الازهر الشريف بالقاهرة (٣٦٠ - ٣٦٢ هـ) = (٩٧٠ - ٩٧٢م).

٢ ـ قصر التوبة بالقرب من عَمان.

٣ ـ قصور اخيضر وسامراء بالعراق في العصر العباسي.

٤ ـ قصر الحمراء بغرناطة (٧٠٩ ـ ٧٥٥ هـ) = (١٣٠٩ ـ ١٣٥٤م)، وفيه تظهر العقود المقرنصة، والأعمدة ذات التيجان.

(ب) من الجوامع والمساجد

١ ـ الجامع الكبير بقرطبة (١٧٠ ـ ٣٨٠ هـ) = (٧٨٦ ـ ٩٩٠م)، وقد سبقت الاشارة اليه.

٢ ـ مسجد بو فتاتة بسوسة في تونس (٢٣٦ ـ ٢٣٧ هـ) = (٨٥٠ ـ ٨٥١ م).

٣ ـ المسجد الكبير في سامراًء بالعراق (٢٣٤ ـ ٢٣٧ هـ) = (٨٤٩ ـ ٨٥٢م).

٤ ـ جامع ابن طولون بالقاهرة (٢٦٣ ـ ٢٦٥ هـ) = (٨٧٦ ـ ٨٧٨م).

٥ ـ الجامع الأزهر بالقاهرة (٣٦٠ هـ = ٩٧٠م).

٦ ـ جامع اشبيلية ومئذنته الشهيرة «الجيرالدا» (٥٥٤ هـ = ١١٥٩م).

٧ ـ مسجد تبريز بفارس (٦٠١ هـ = ١٢٠٤ م).

٨ ـ مسجد السلطان برقوق بالقاهرة (٧٨٦ هـ = ١٣٨٤م).

٩ ـ مجموعة المساجد التي بناها عبد المنَّان سنان باشا المعمار (٨٩٥ ـ ٩٨٦هـ) = (١٤٨٩ ـ ١٥٧٨.م)، ومنها: مسجد شاه زاده باستانبول (٩٥٥ هـ = ١٥٤٨م)، شكل (٣٢). مسجد السليمانية باستانبول (٩٥٦ ـ ٩٦٥هـ) = (١٥٤٩ ـ ١٥٥٧م) (مسجد السلطان سليمان الأول ـ القانوني)، شكلا (٣٣)، (٣٤). مسجد السلطان سليم في أدرنة بتركيا (٩٧٦ ـ ٩٨٢هـ) = (١٥٦٨ ـ ١٥٧٤م)، شكل (٣٥).

١٠ ـ مسجد إصفهان بفارس (٩٩٤هـ = ١٥٨٥م).

٨, ١, ٦, ١ ـ بعض السِّمات البارزة في العمارة الاسلامية

١ ـ ابتكـار أشكـال جديدة من العقـود المفـردة والمجمعة، منها العقد الحدوي والعقد المقرنص، والعقود المتشابكة والمتقاطعة والمتراكبة.

٢ ـ بناء القصور العظيمة والجوامع الكبيرة والمستشفيات الفسيحة.

٣ ـ بناء الاقبية من الحجارة والطوب.

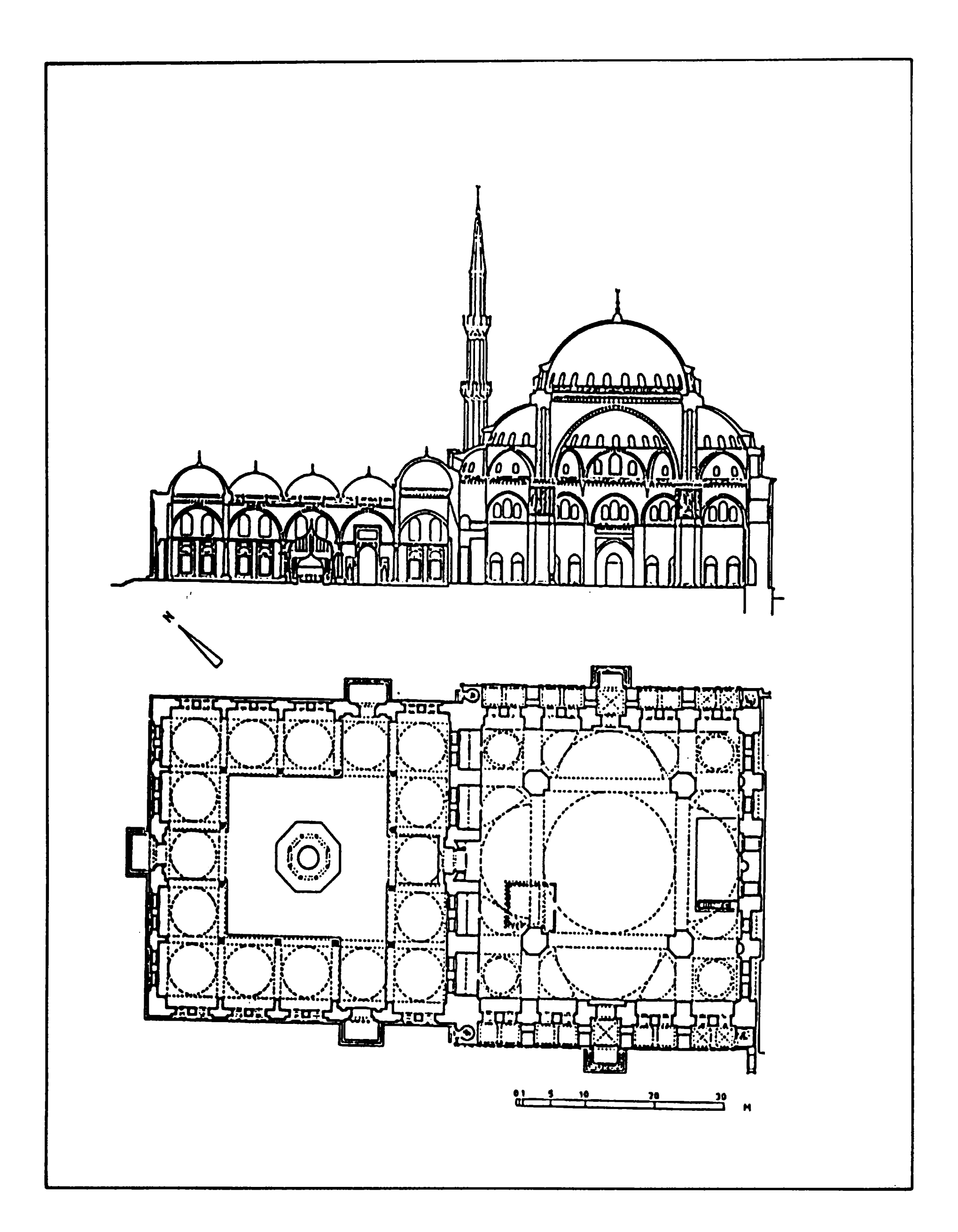
٤ ـ توفير الأحياز المتسعة، منها الصحن والنافورة المركزية.

٥ ـ تدبير مساحات كبيرة في المساجد تعلوها القباب من الخارج مع بناء المحاريب لتحديد اتجاه القبلة في الداخل.

٦ ـ كساء الأسطح بالزخارف البارزة والمحفورة والمرسومة والملصقة.

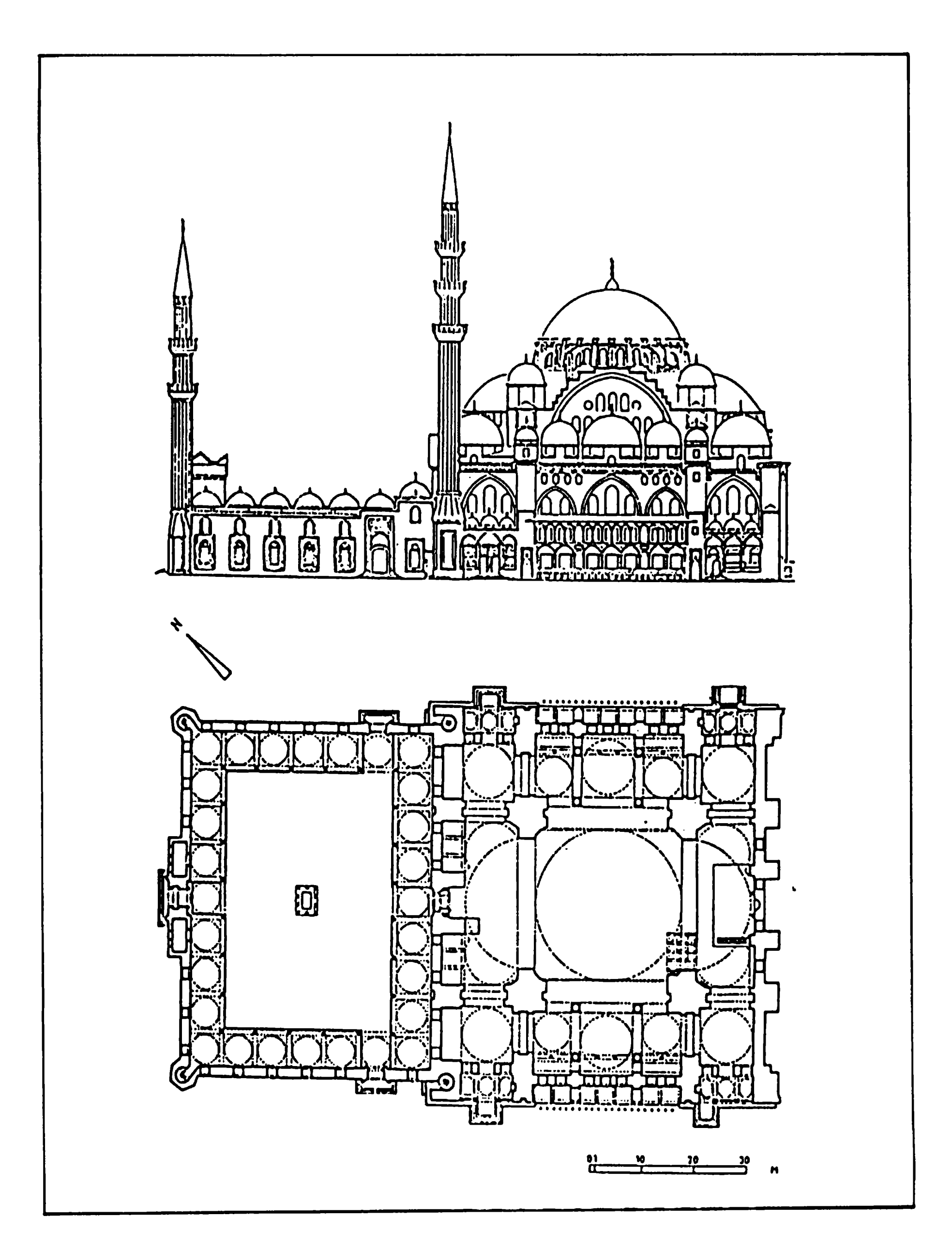
٧ ـ ابتداع فن الرقش العربي المعروف بالأرابيسك: Arabesque، وتتكون عناصره من مجموعتين هما:

(أ) العناصر الهندسية البسيطة والمركبة والمتداخلة.



شكل (٣٤)

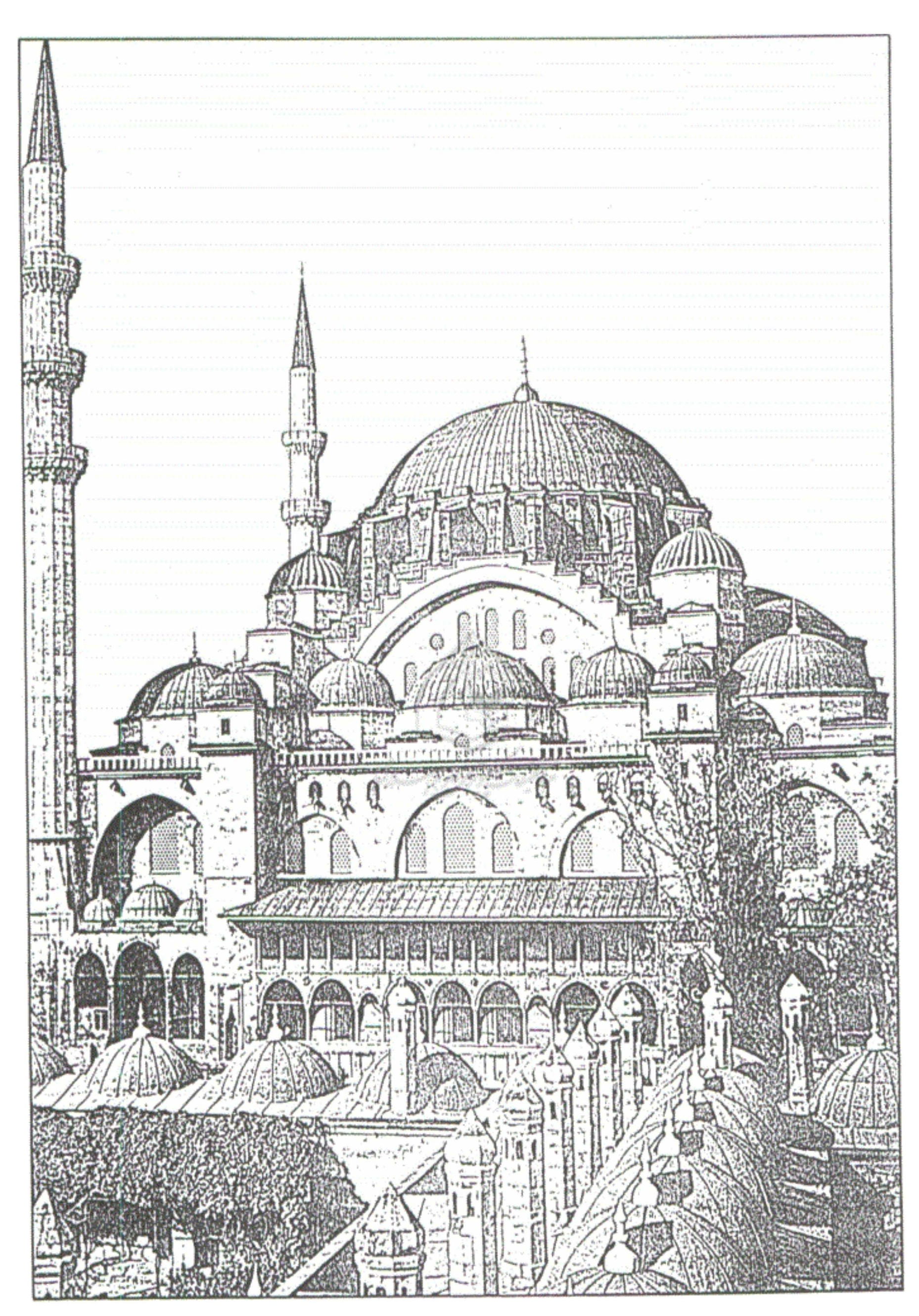
قطاع رأسي ومسقط أفقي لمسجد شاه زاده باستانبول. (من أعمال سنان باشا المعمار ـ القرن ١٠ هـ = ١٦م).



شكل (٣٥)
مسقط رأسي ومسقط أفقي لمسجد السليمانية باستانبول (من أعمال سنان باشا المعمار ـ القرن ١٠ هـ = ١٦ م)

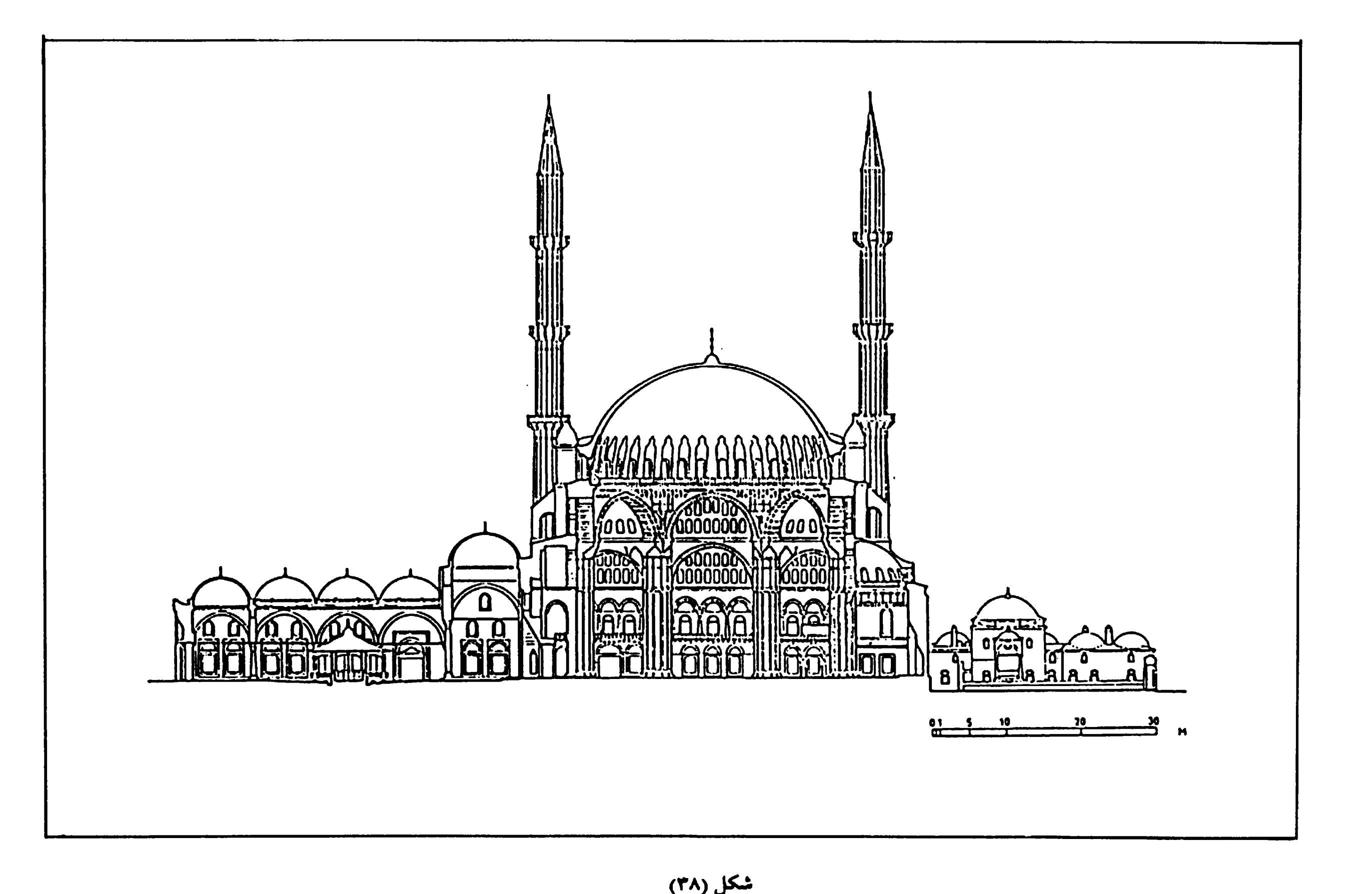
شكل (٣٦)

قطاع طولي وقطاع جانبي لمسجد السليمانية باستانبول (من أعمال سنان باشا المعمار ـ القرن ١٠ هـ = ١٦ م)



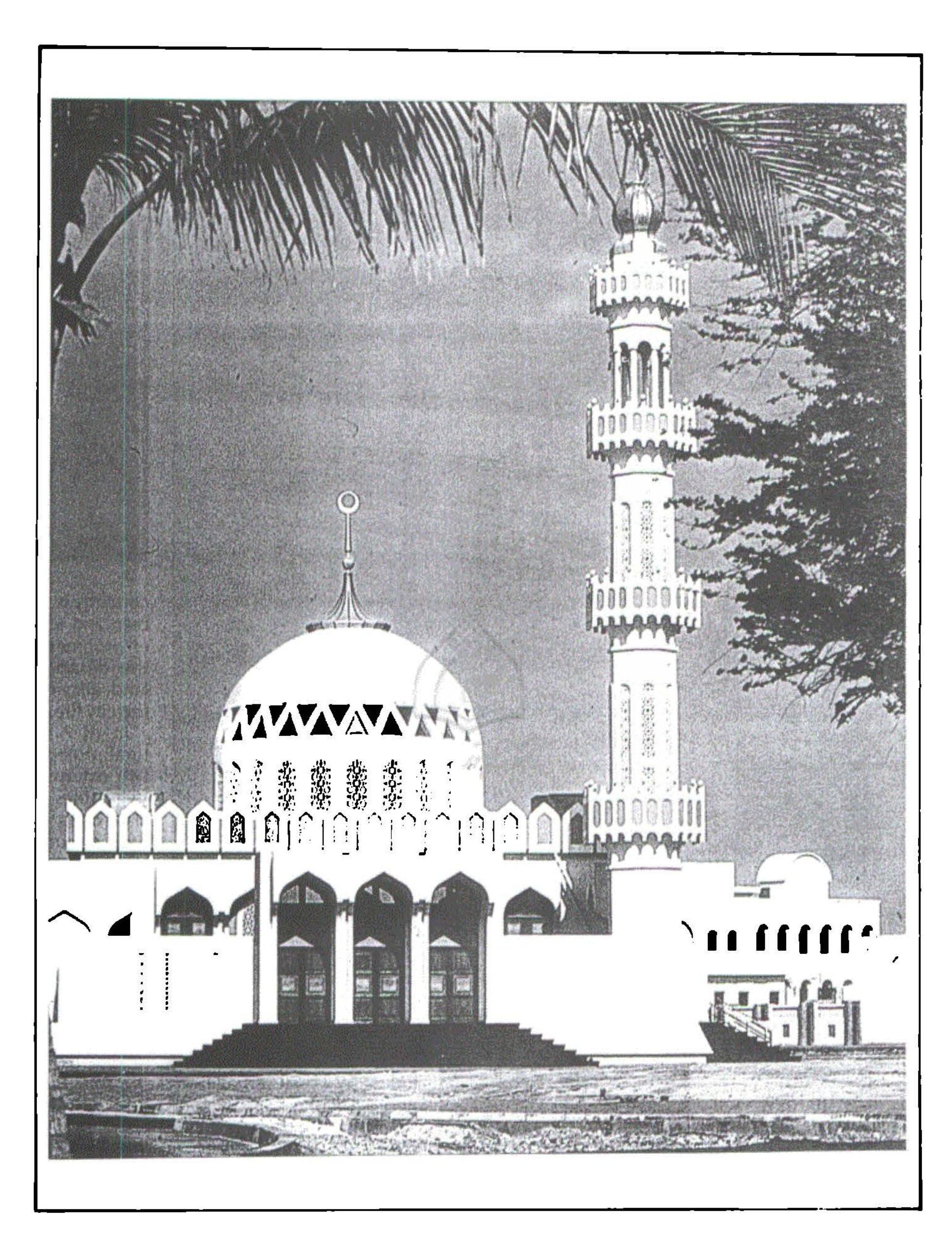
شكل (٣٧)

منظر عام لمسجد السليمانية باستانبول (من أعمال سنان باشا المعمار - القرن ١٠ هـ = ١٦م)



شكل (٣٨)

قطاع طولي لمسجد السليمية بأدرنة بتركيا (من أعمال سنان باشا المعمار ـ القرن ١٠ هـ = ١٦م)



شكل (٣٩)

مثال من العمارة الاسلامية المعاصرة لمسجد، تعتمد الزخرفة فيه على العناصر الهندسية.

٢,٦,١ ـ العناصر الجمالية

١,٢,٦,١ ـ المُقرنصات ـ الدلايات

تُعزى الى عرب الشام فكرة استخدام المثلثات الكروية للانتقال من البناء المربع الى القبة تامة الاستدارة، كما ينسب الى أهل العراق أسلوب تحويل المربع الى دائرة (تُغطىً بقبة) بوضع حَنِية في الأركان، منها حَنِية المقرنص التي كانت تتخذ هيئة تجويف ذي رأس من قبة نصف دائرية.

ولقد استخدمت الدلايات (Stalactites) أو الرؤوس المتدلية، التي تشبه خلايا النحل (Honey comb) في تغطية البناء المربع عند اتصاله بقبة مستديرة، شأنها في ذلك شأن المقرنصات (Squinches)، كما استخدمت الدلايات في زخرفة المحاريب والعقود (الأشكال ٤٠ الى ٤٨).

٢,٢,٦,١ ـ الرقش العربي

إن تعاليم الدين الاسلامي الحنيف تحض على الابتعاد عن نحت التماثيل وعمل الرسوم الآدمية والحيوانية، مما حدا بالفنان المسلم الى الاتجاه الى ابتداع الزخارف الهندسية (الأشكال ٤٩ ـ ٦١)، والزخارف النباتية (الأشكال ٦٣ ـ ٧٤)، وهو الفن الذي عرف بفن الرقش العربي: الأرابيسك (Arabesque)، وقد انضم الى هذه الزخارف عنصر الخط العربي (Calligraphy) بأشكاله الجمالية المتباينة (الأشكال ٧٥ ـ ١٠٢)، وذلك منذ القرن الثاني للهجرة.

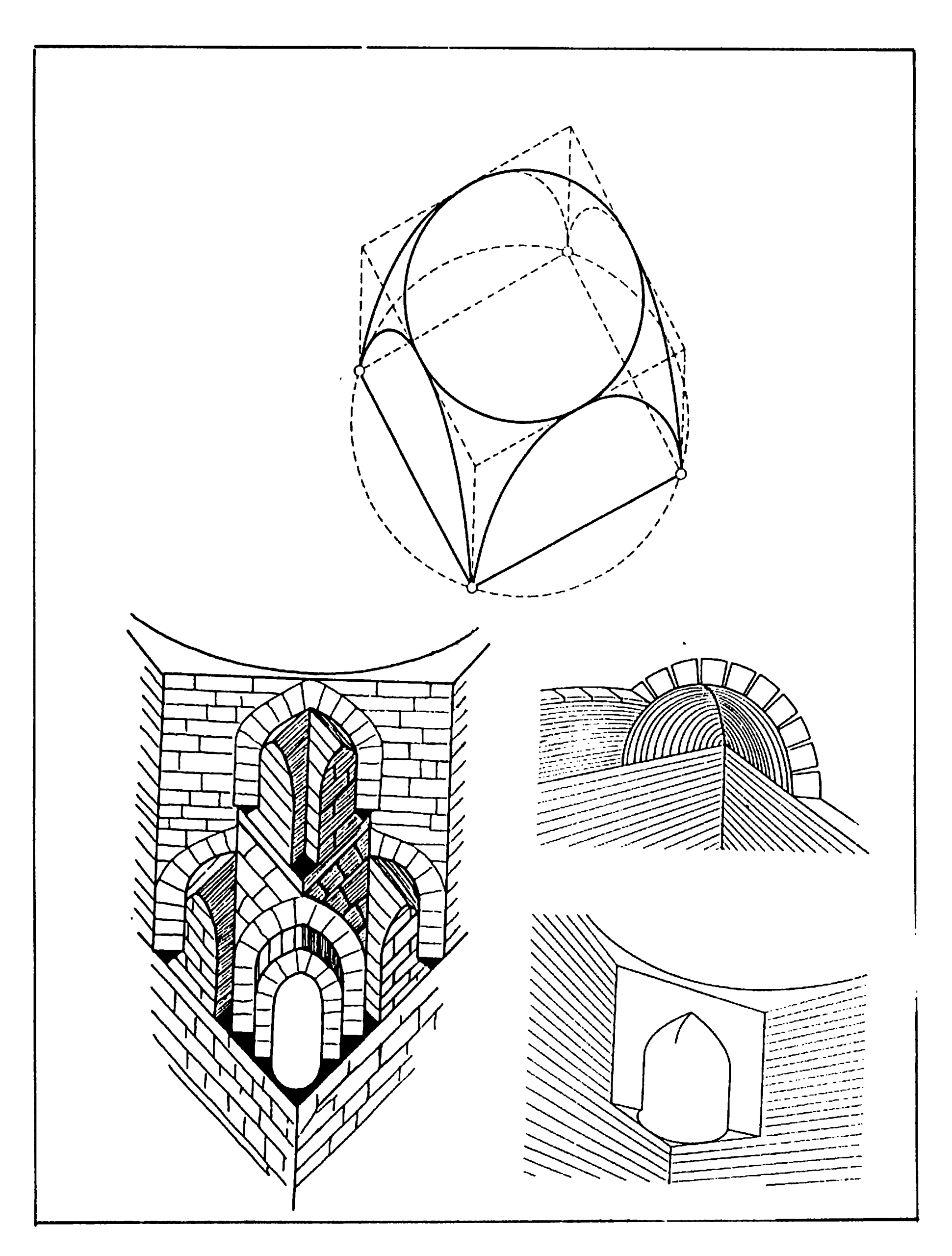
الزخارف الهندسية

إن هذا المنحى الذي اتبعه الفنان المسلم يتفق تماما مع الدعوة للبعد عن تصوير الانسان والحيوان، وقد أبدع فيه الفنان المسلم أيما إبداع، حيث استعان بالأشكال المضلعة المنتظمة من مربعات ومخمسات ومسدسات وغيرها، كذا بالدوائر المتشابكة والأشكال الهندسية عموما، وقد نتجت عن ذلك تكوينات هندسية نجومية وكوكبية متعددة غاية في الجمال والابداع (الأشكال ٤٩ ـ ٦١).

وتدل الدراسة المتعمقة للزخارف الهندسية الاسلامية وتحليل عناصرها، على أن الابداع في هذا المجال لم يكن وليد موهبة طبيعية فذة لدى الفنان، وإنما ثبت أن مردَّ ذلك يعود الى الالمام الوافر بأصول هندسة الأشكال أي الجو مطريا (Geometry)، تلك الأصول التي كانت تنتقل من أساتذة هذه الصناعة الى طلبتها وممارسيها.

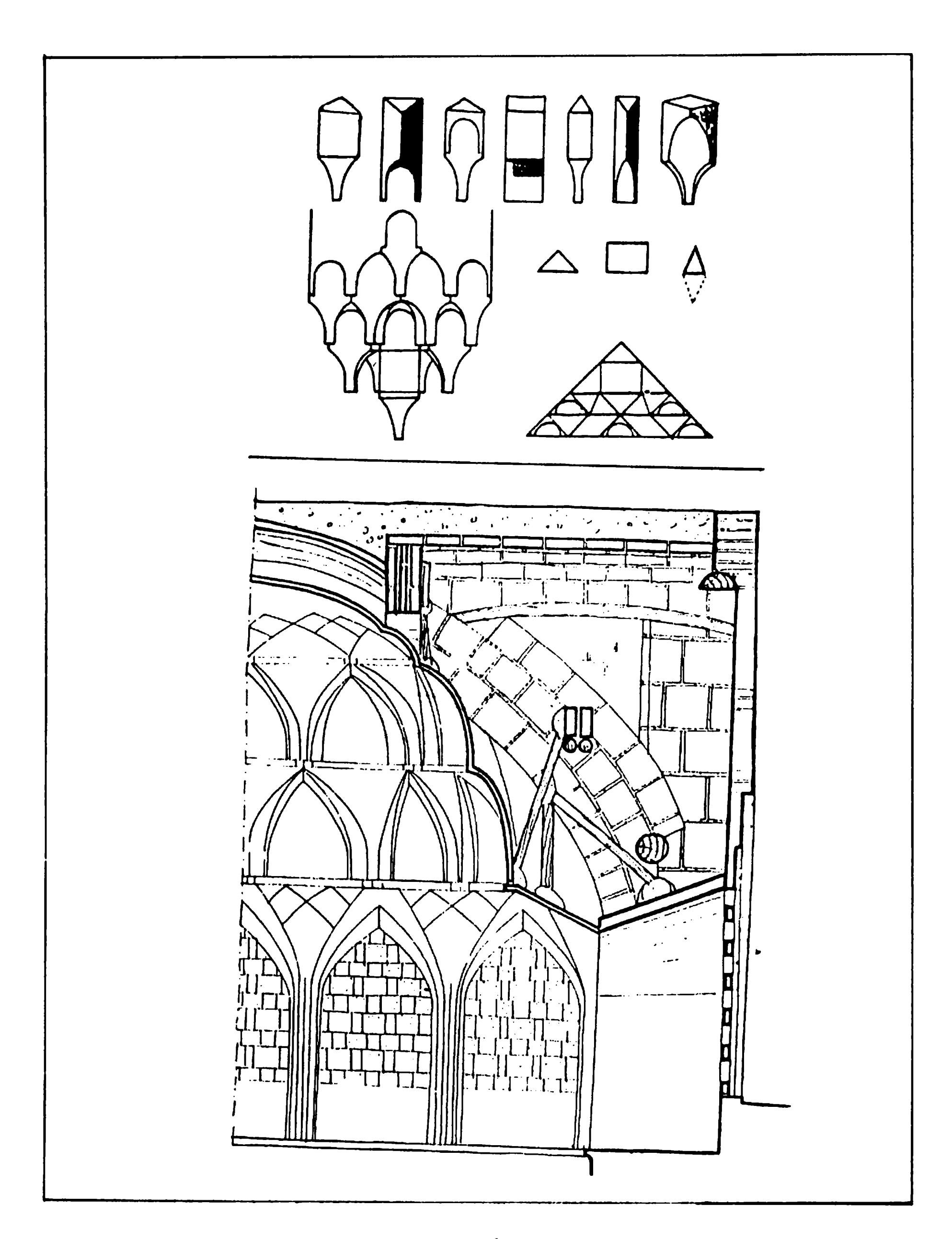
الزخارف النباتية

تعتمد هذه الزخارف على رسم أوراق الأشجار وسيقانها وأزهارها بأسلوب كلي أو جزئي، وبطريق منفرد أو متراكب أو مضفر، وقد تتخلله زخارف هندسية أو خطوط عربية. ويلاحظ أن الزخارف النباتية تطول سيقانها وأغصانها مما يبعد بها ـ عن قصد ـ عن الطبيعة، (الأشكال ٦٣ ـ ٧٤).

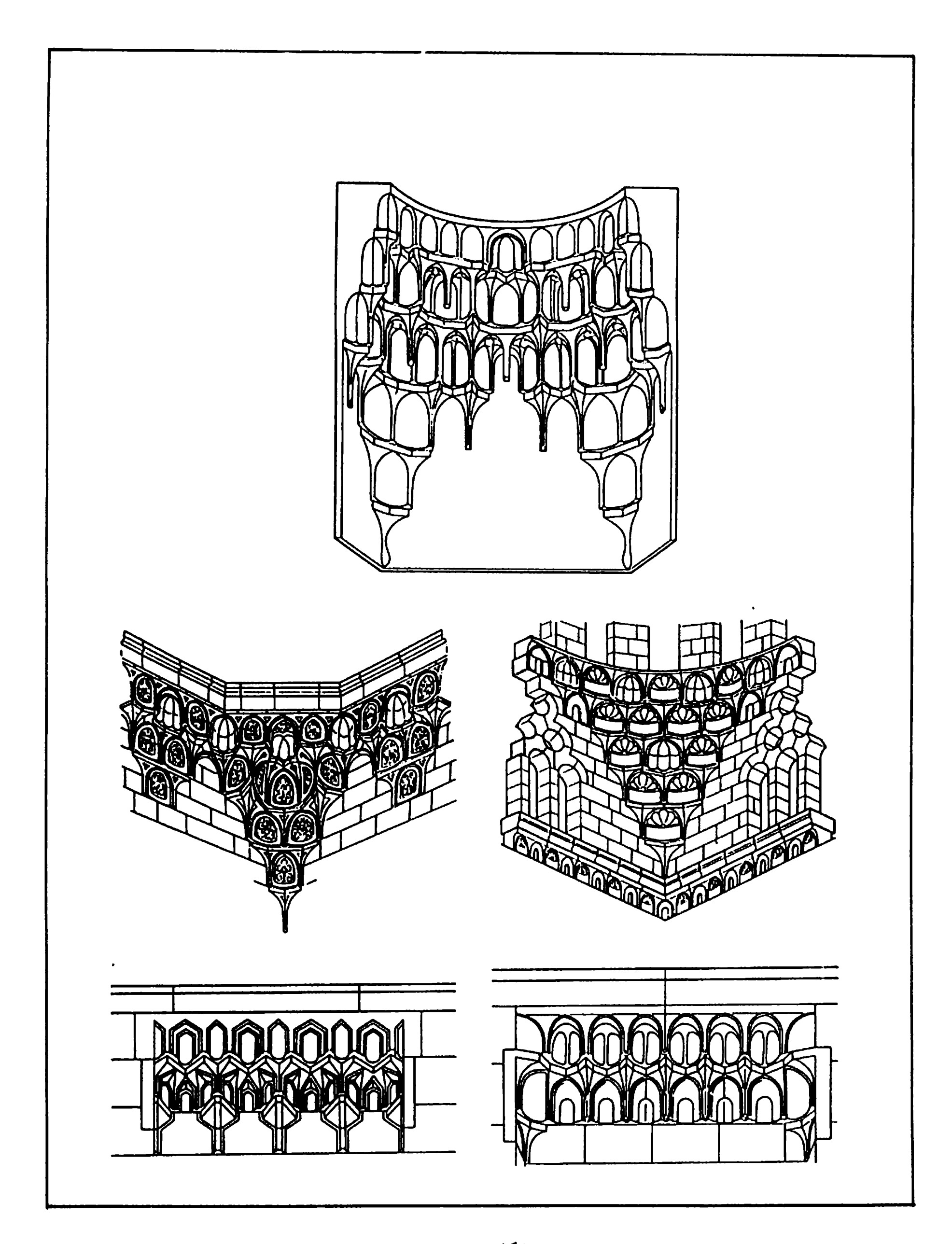


شكل (٤٠)

نماذج مُبسَّطة من المقرنصات واستخدامها للانتقال من الشكل المربع إلى الشكل المستدير (مثلثات كروية) خارجية

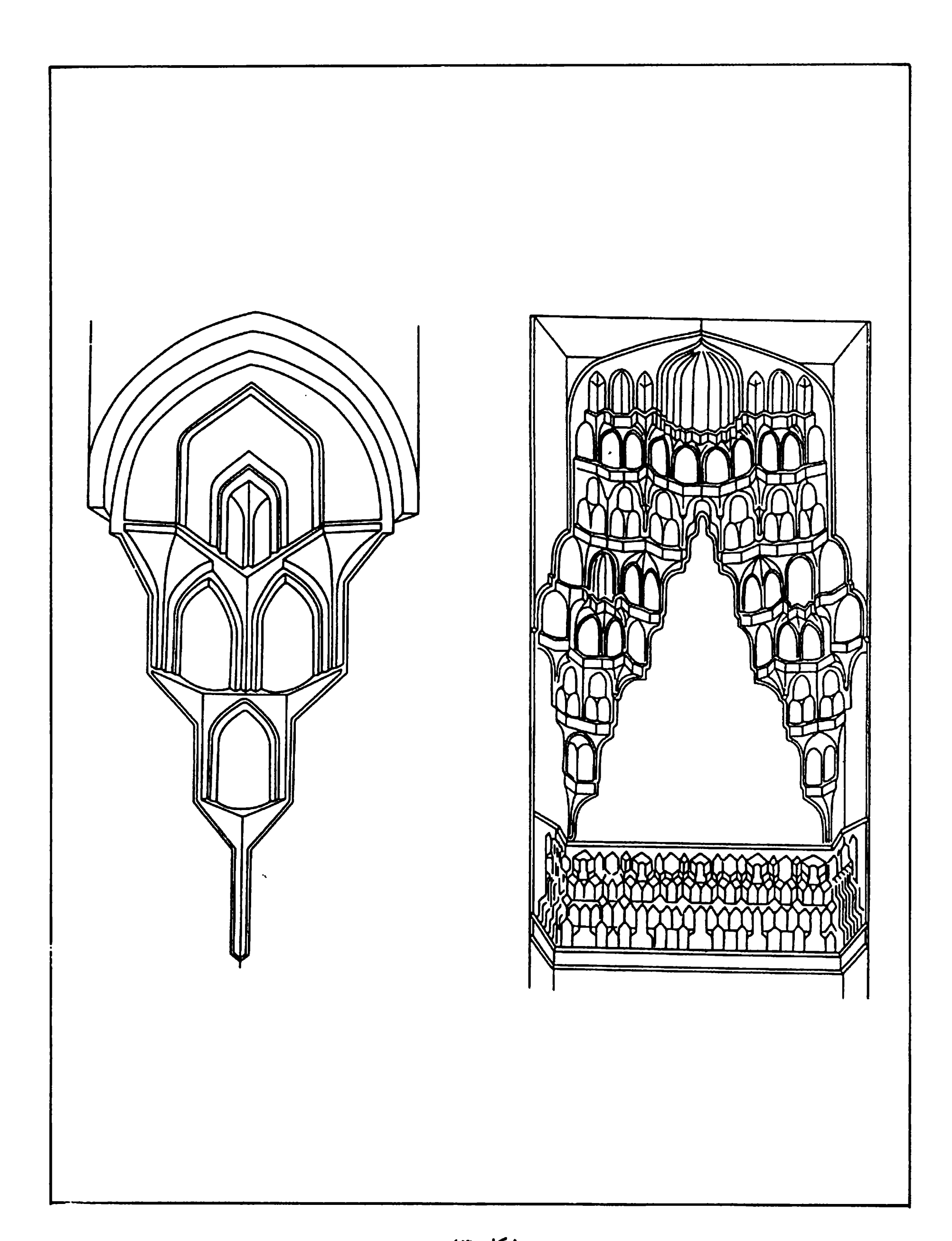


شكل (٤١)
عناصر المقرنصات وطرق عملها في الأقبية.

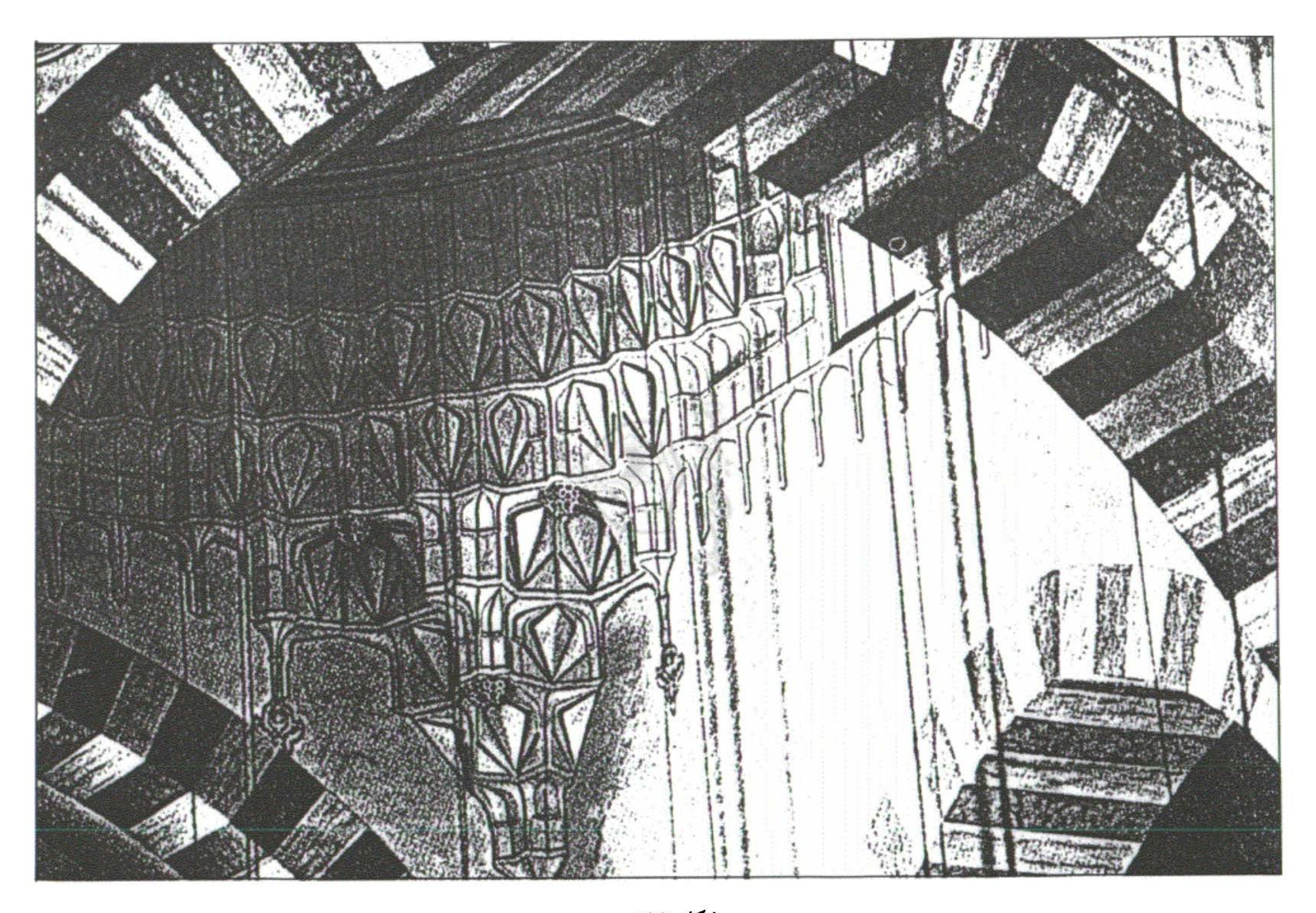


شكل (٤٢)

مُقرنصات مُركّبة شبيهة بخلايا النحل، داخلية وخارجية، مُكونة من مثلثات كروية (Spherical Triangles) .

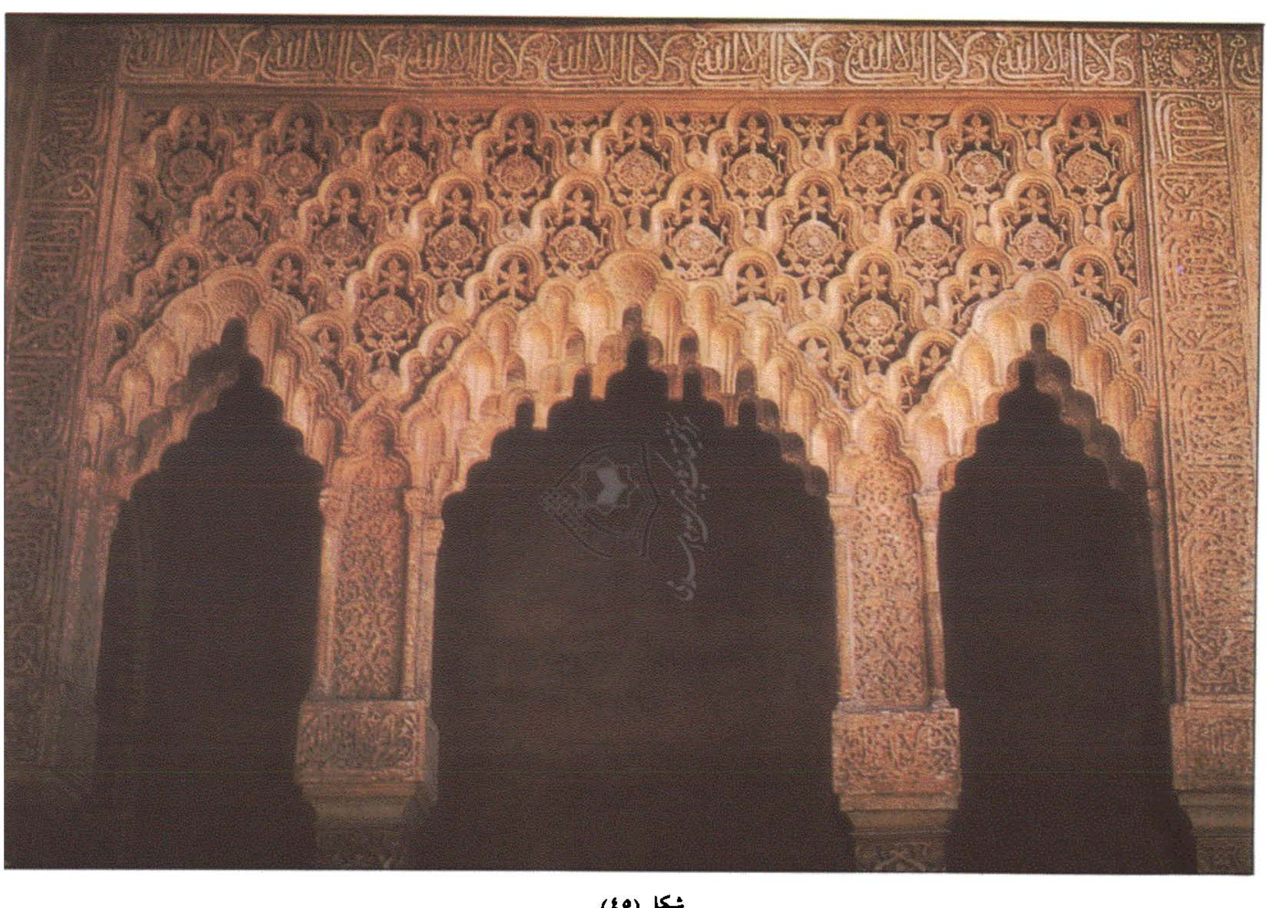


شكل (٤٣)
ترتيب صفوف من المقرنصات (Squinches) والدلايات أو الهابطات (Stalactites) لتحويل الشكل المربع الى الشكل المثمن لتسهيل تشييد رقبة أو قبة مستديرة.



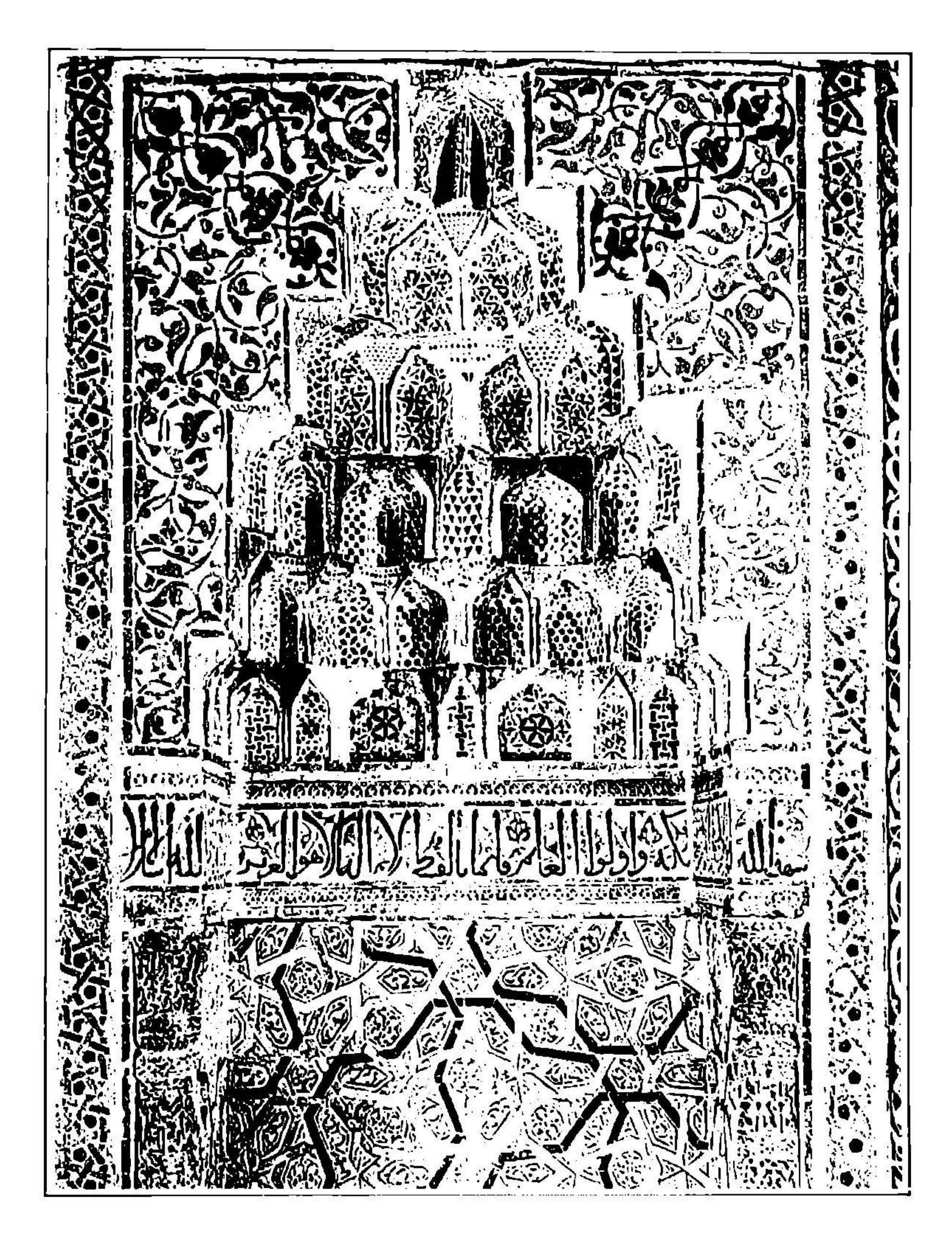
شكل (٤٤)

مقرنصات مُشكلَة في أحد أركان القبة الرئيسية بمسجد السليمانية باستانبول (من أعمال سنان باشا المعمار - القرن ١٠ هـ = ١٦م).



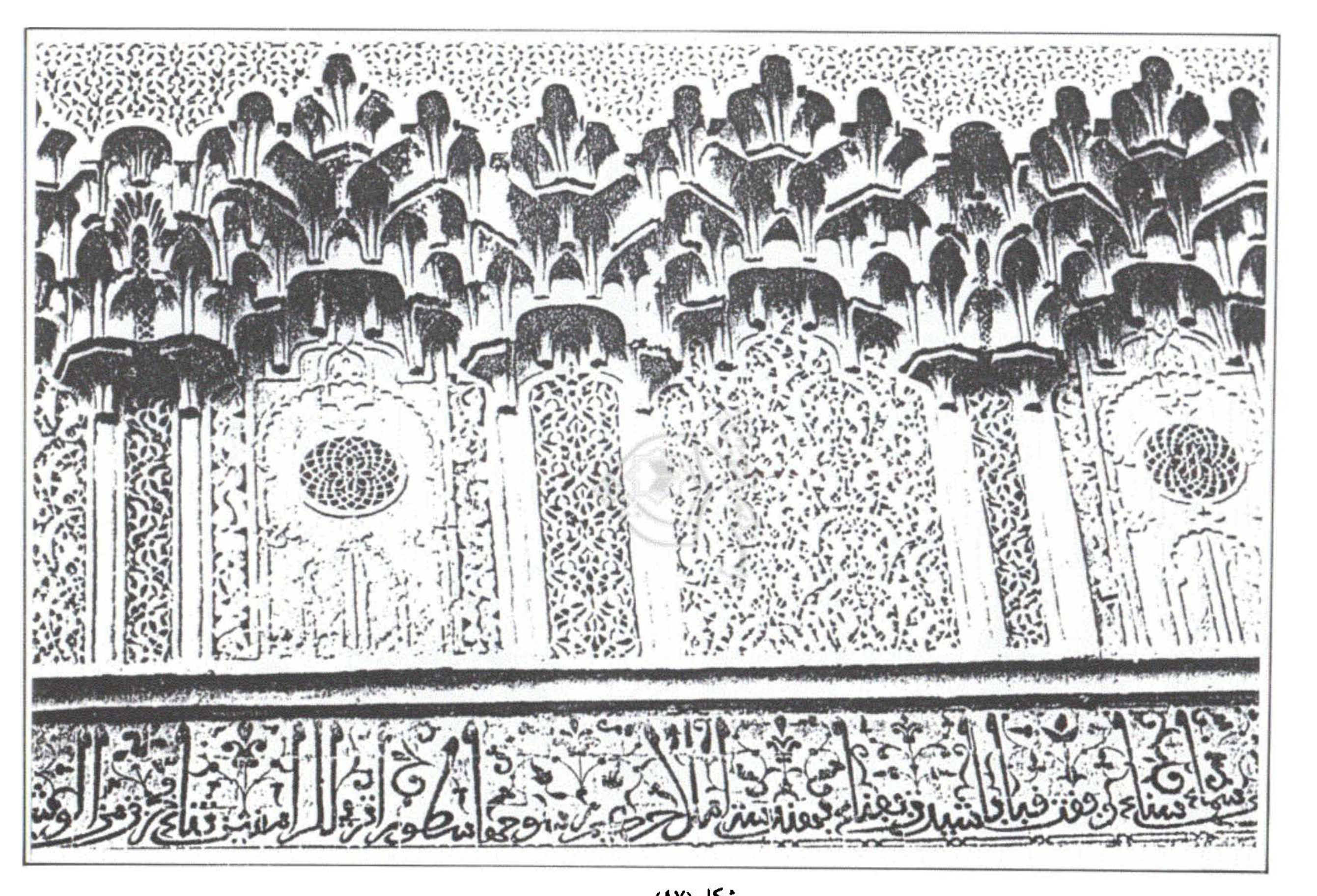
شكل (٤٥)

عقود مُقَرْنَصة تؤدي إلى بَهْو الأسود، وقد زينت العقود بزخارف هندسية نباتية وبلاطات «لا غالب إلا الله»، التي تنتشر في أرجاء قصر الحمراء بغرناطة .

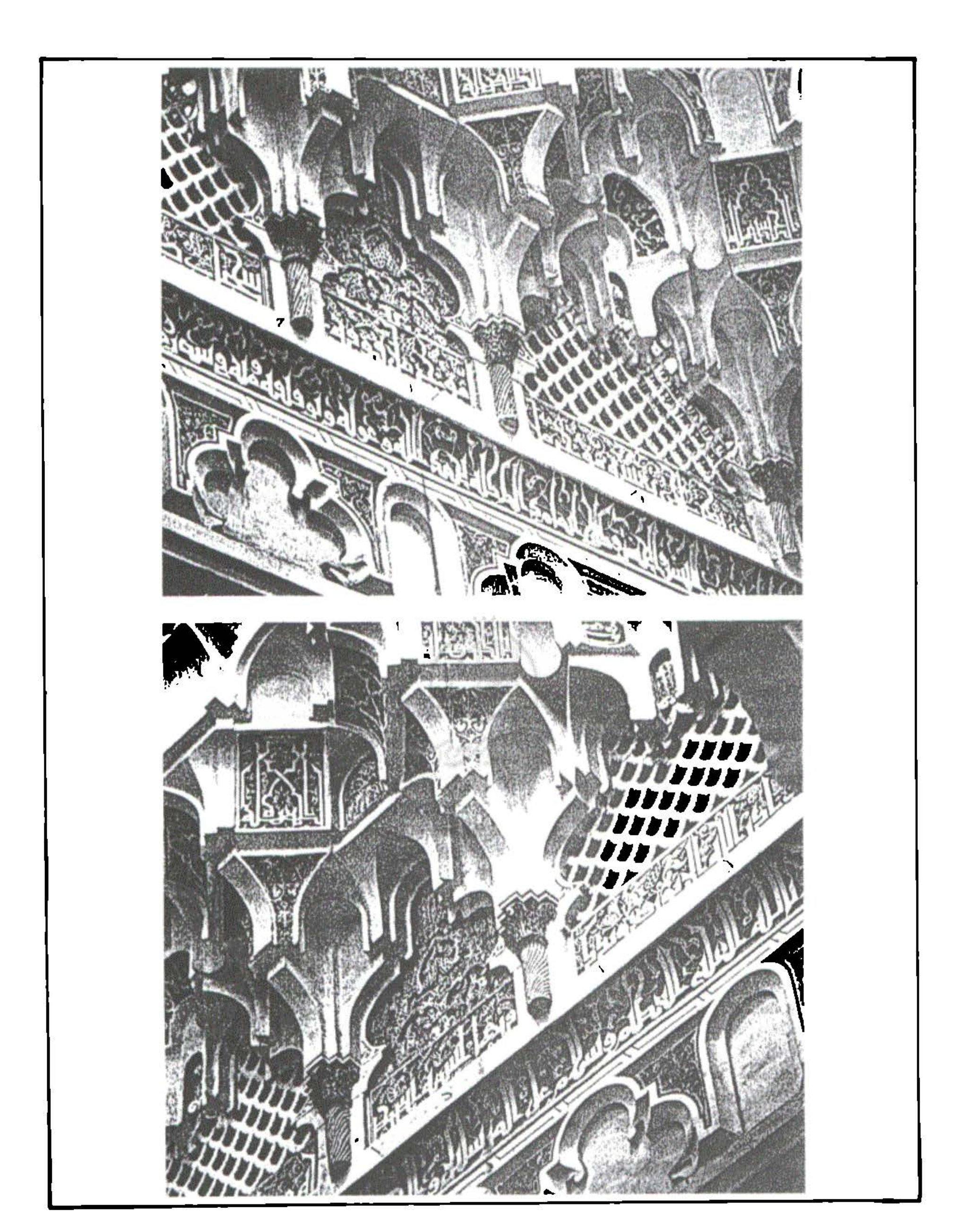


شكل (٤٦)

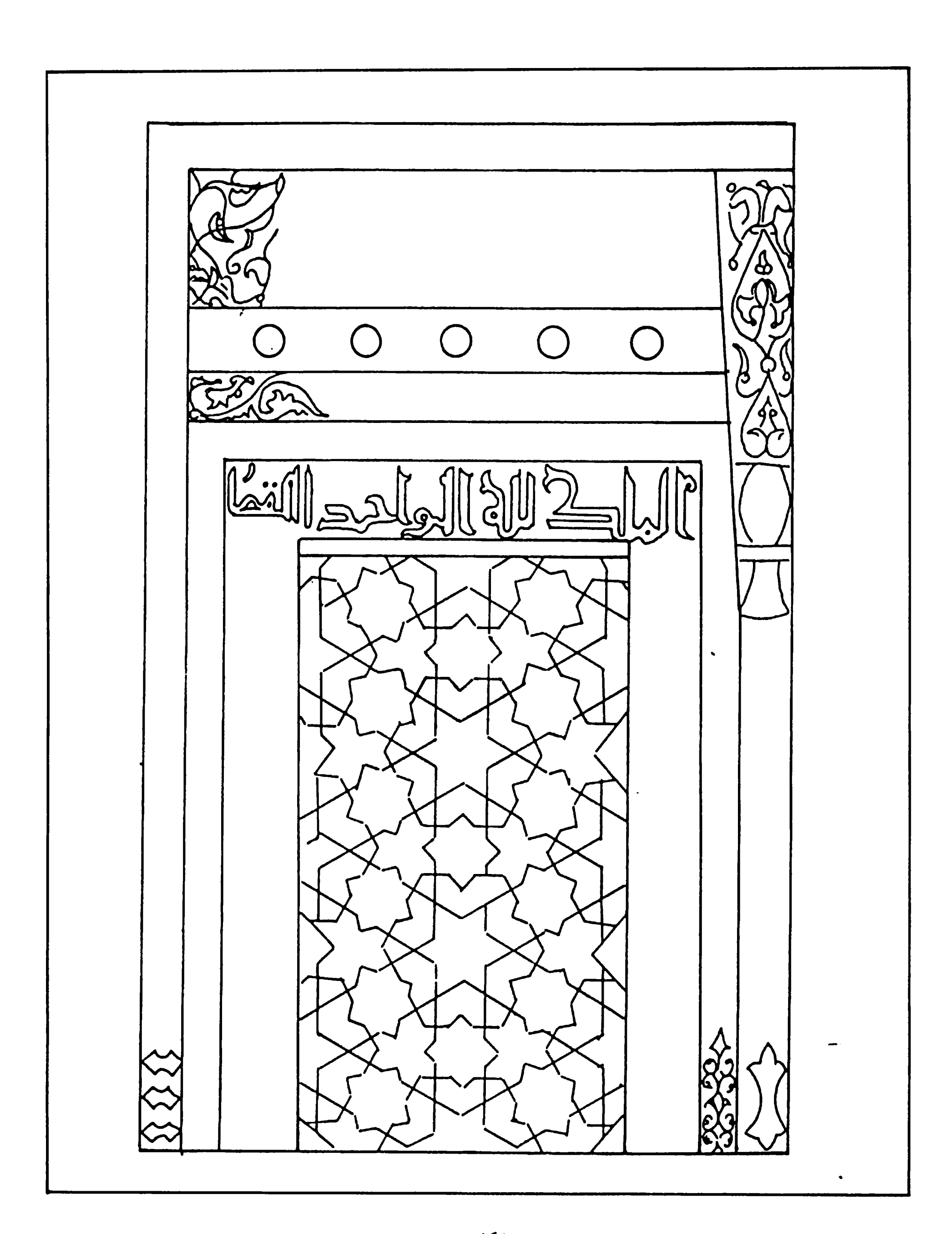
مقرنصات في محراب ـ من الفن الأندلسي .



شكل (٤٧)
مقرنصات بساحة مدرسة ابن يوسف بمراكش.

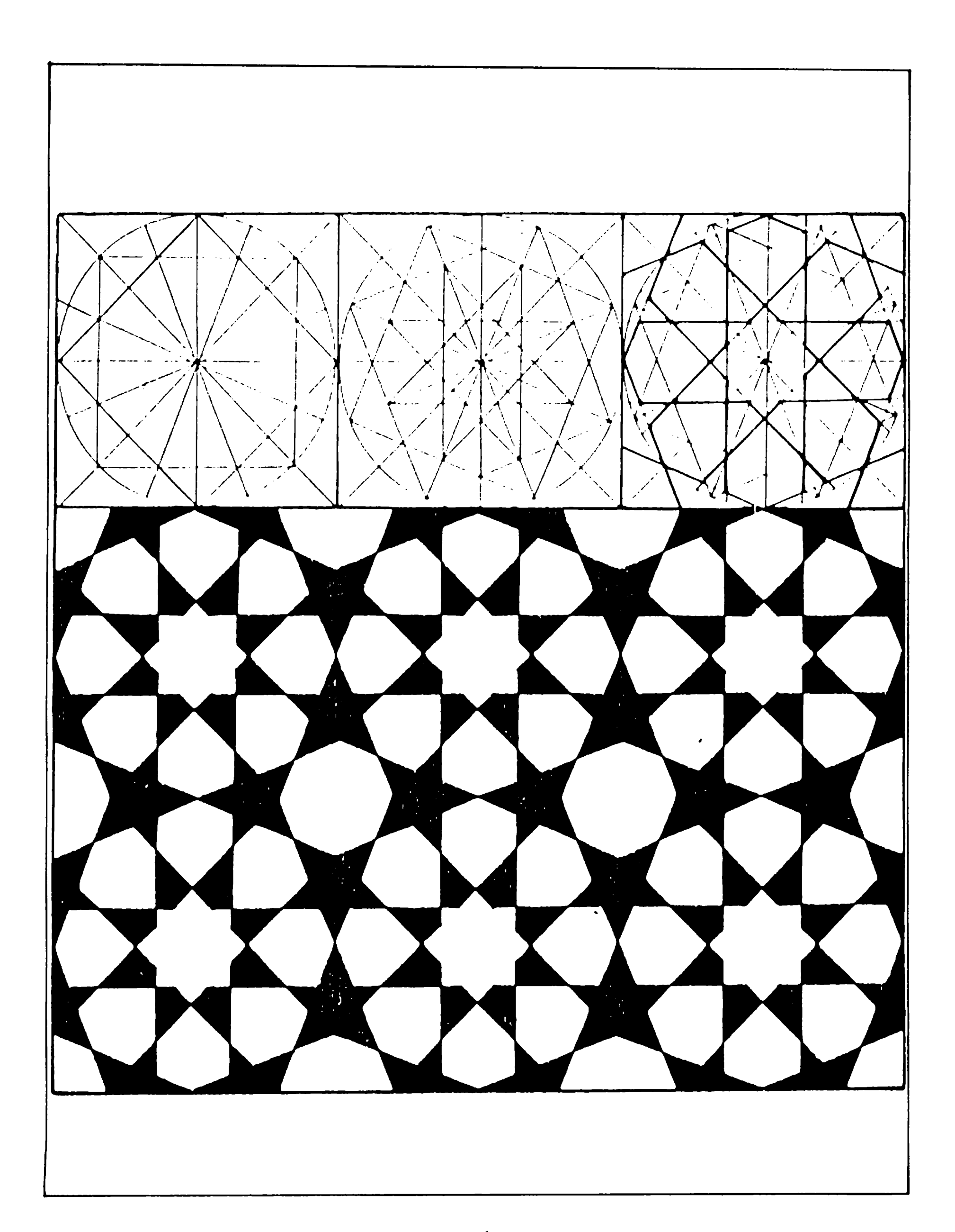


شكل (٤٨)
مقرنصات بجامع القرويين بمدينة فاس بالمغرب.

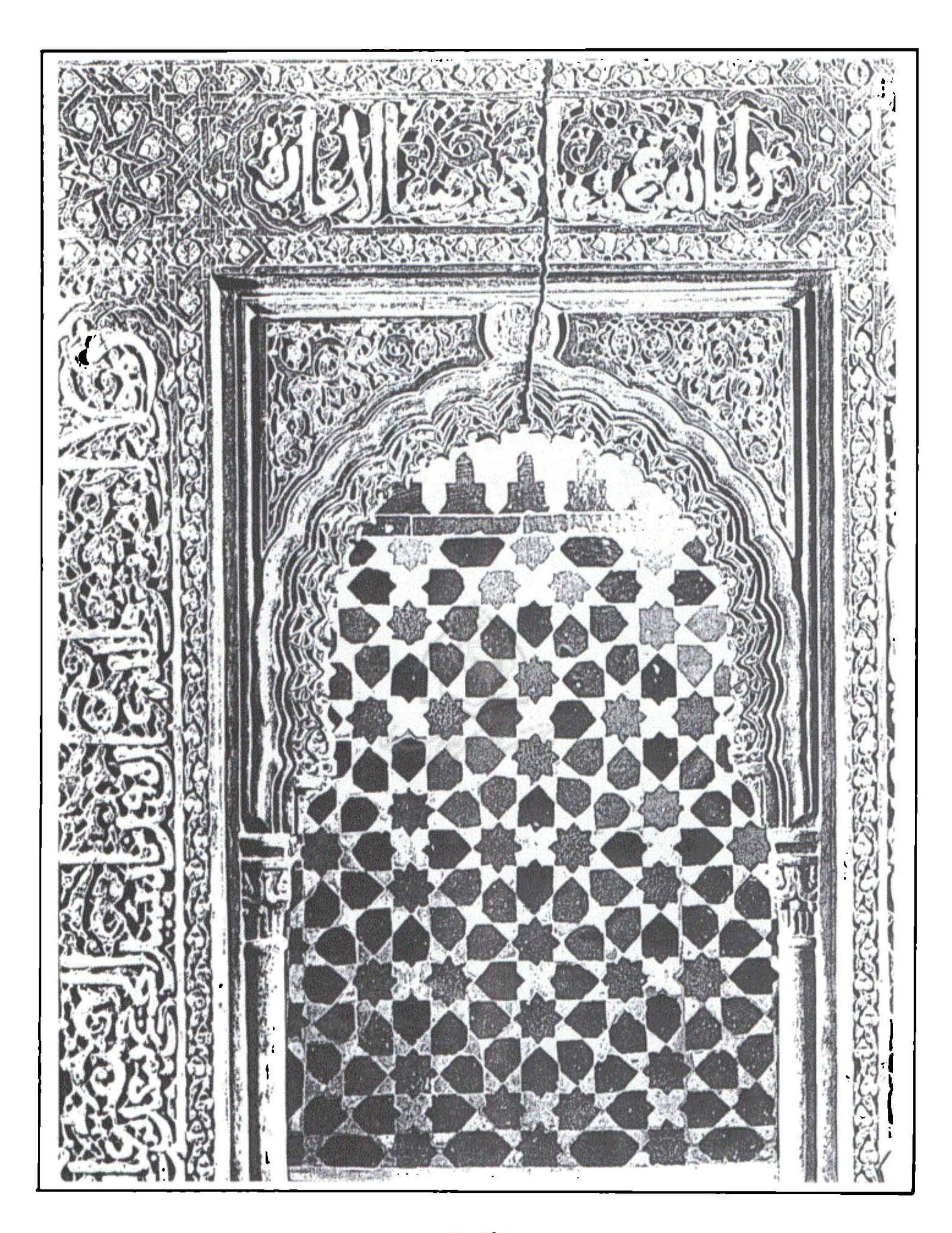


شكل (٤٩)

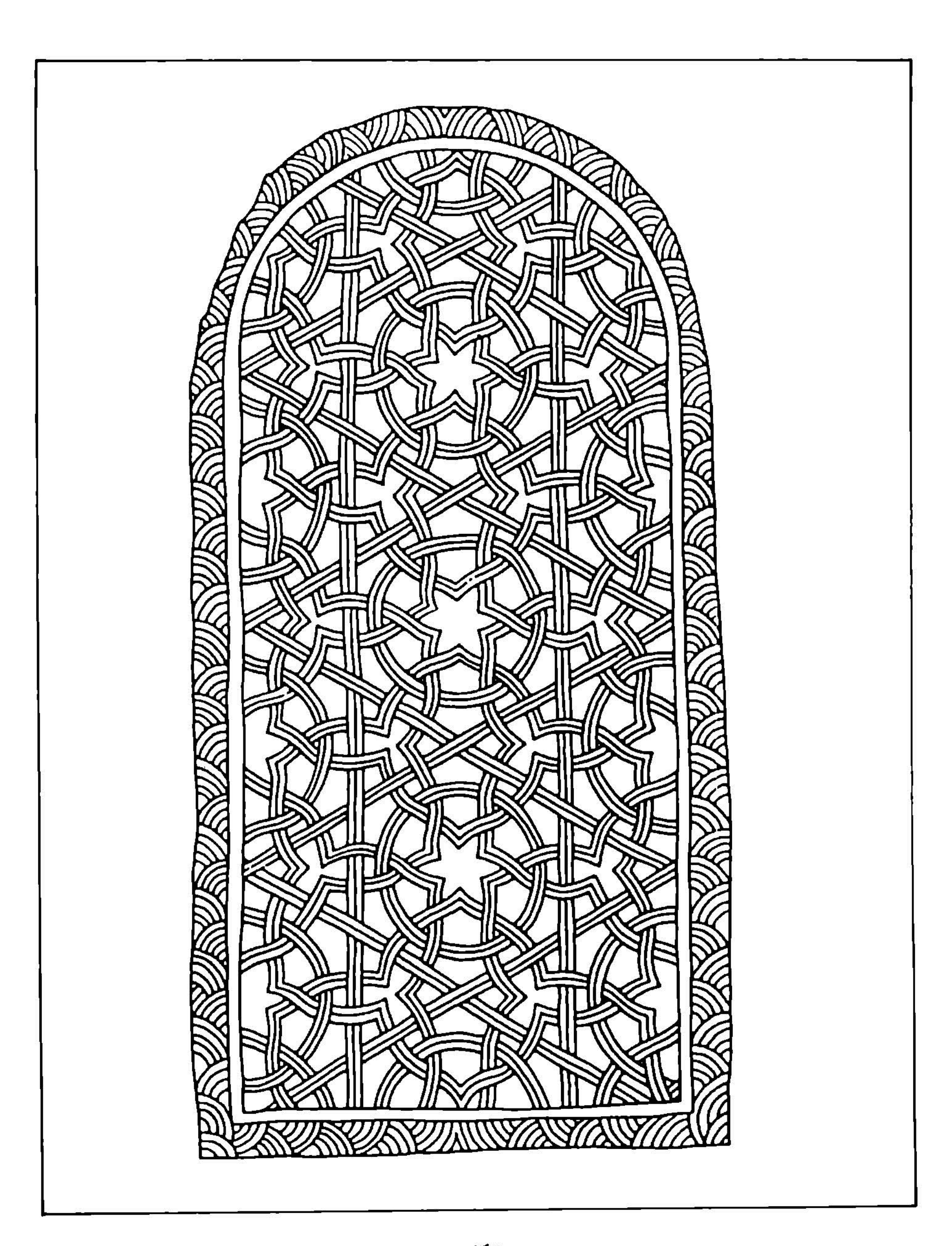
تخطيط زخارف باب بعناصر هندسية ونباتية وخطية.



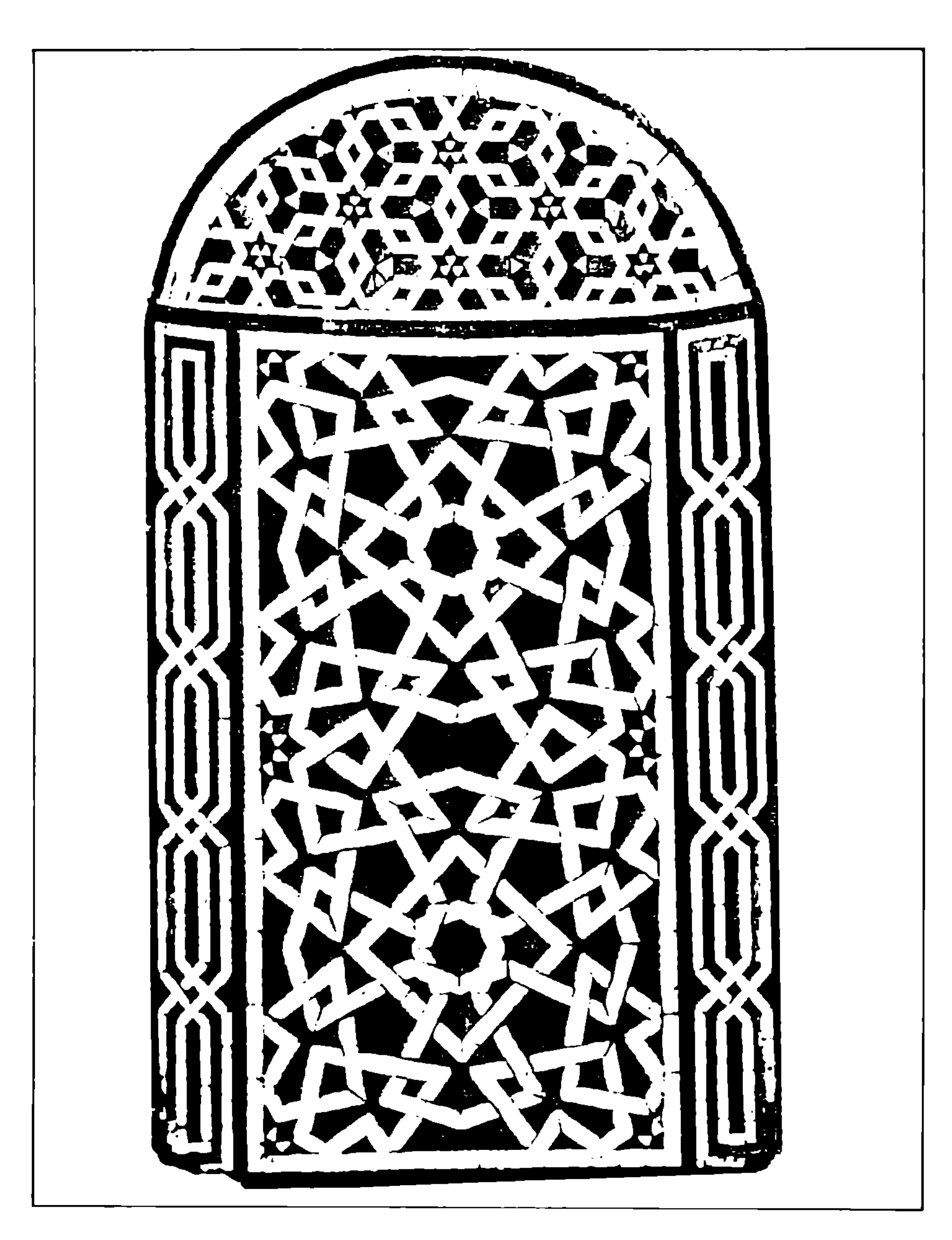
شكل (٥٠)
تسلسل الانشاءات الهندسية لعمل زخارف ذات مضلعات ونجوم مثمنة .



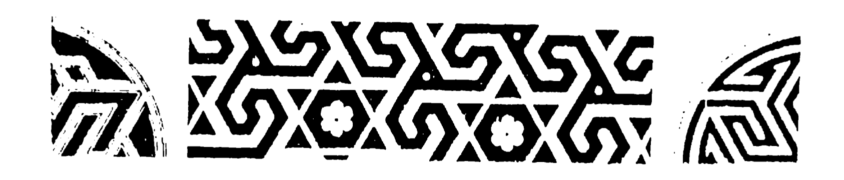
شكل (٥١)
زخارف هندسية من قاعة البركة بقصر الحمراء بغرناطة .

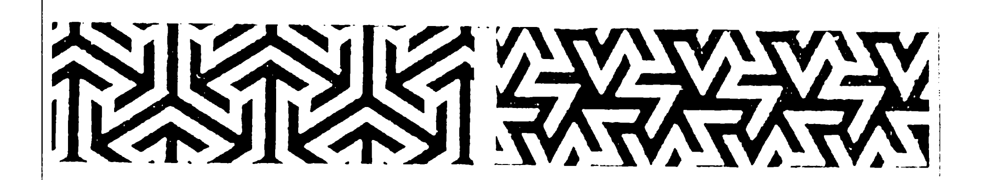


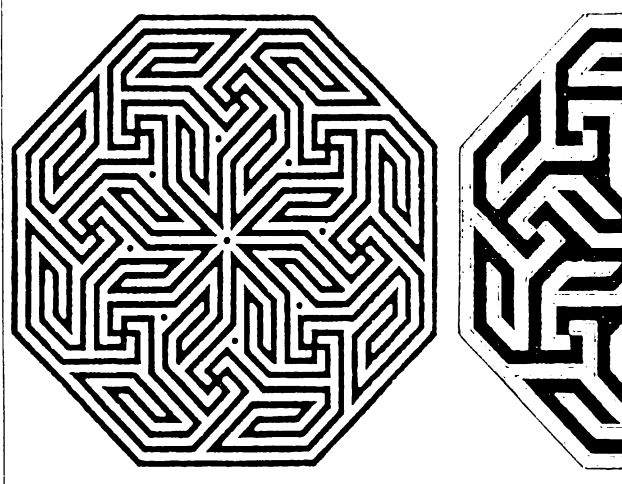
شكل (٥٢)
زخارف هندسية مفرغة في الرخام ترجع الى العصر الأموي.

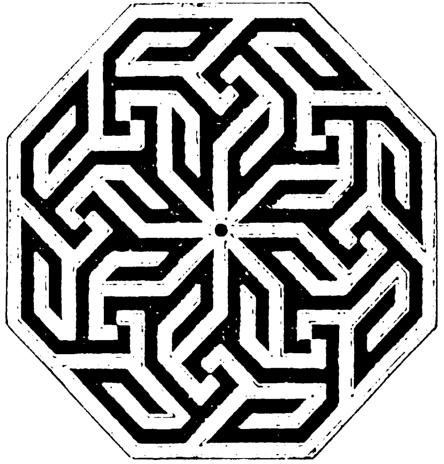


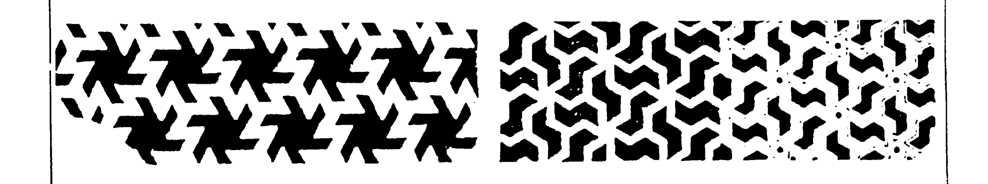
شكل (٥٣)
مشكاة من الفسيفساء الرخامية من مصر - القرن التاسع الهجري



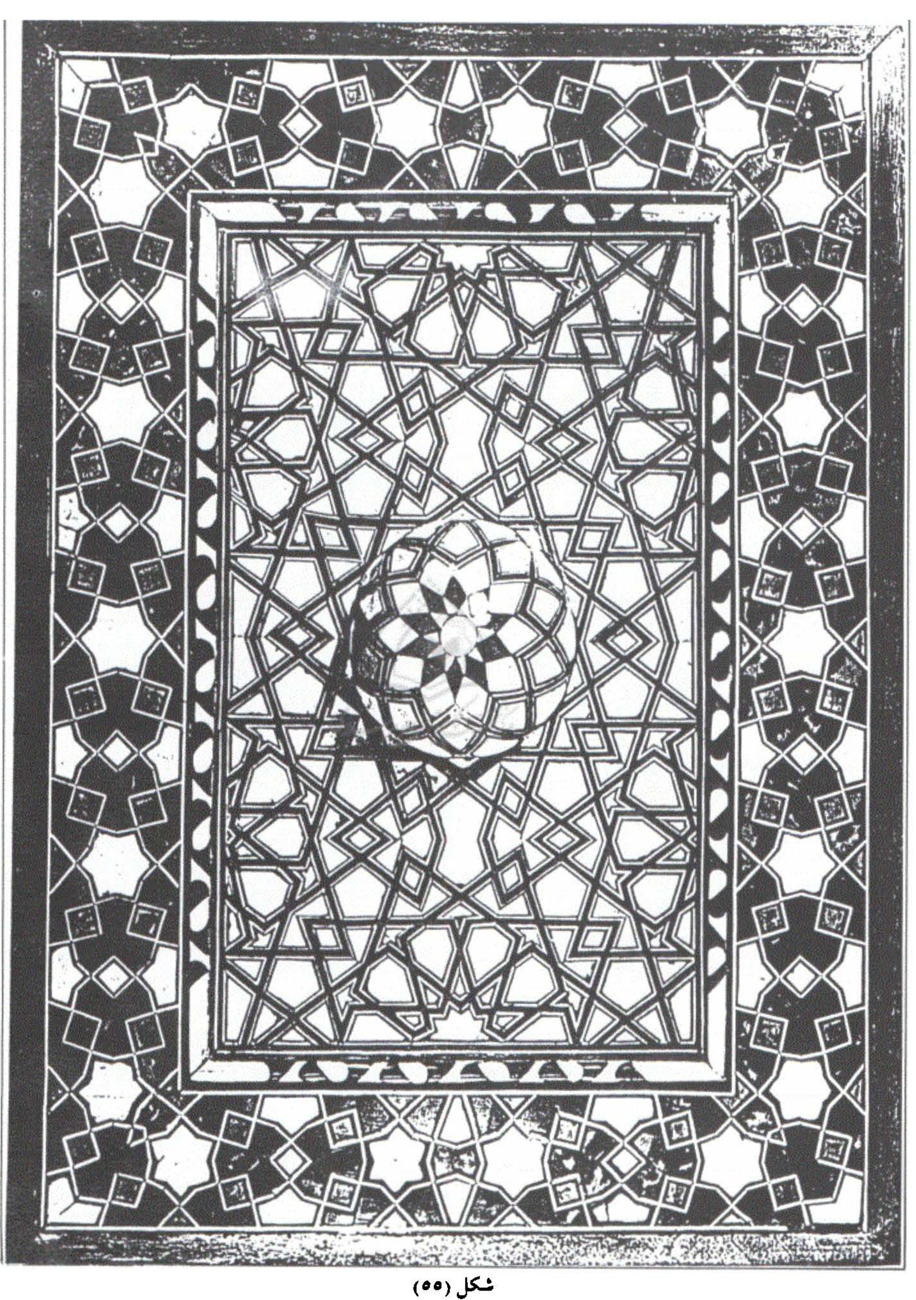






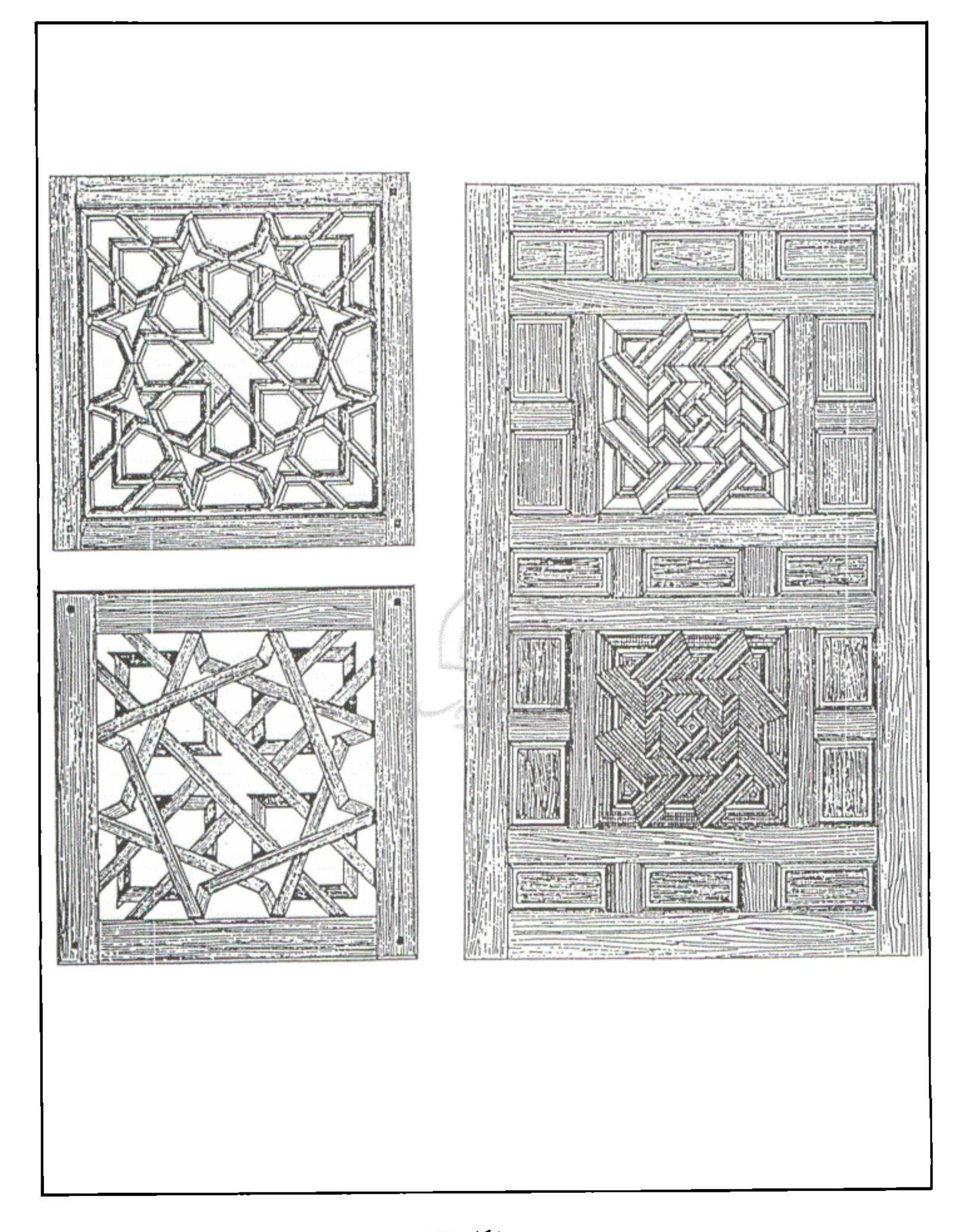


شكل (٥٤)
نماذج من الوحدات الزخرفية الهندسية

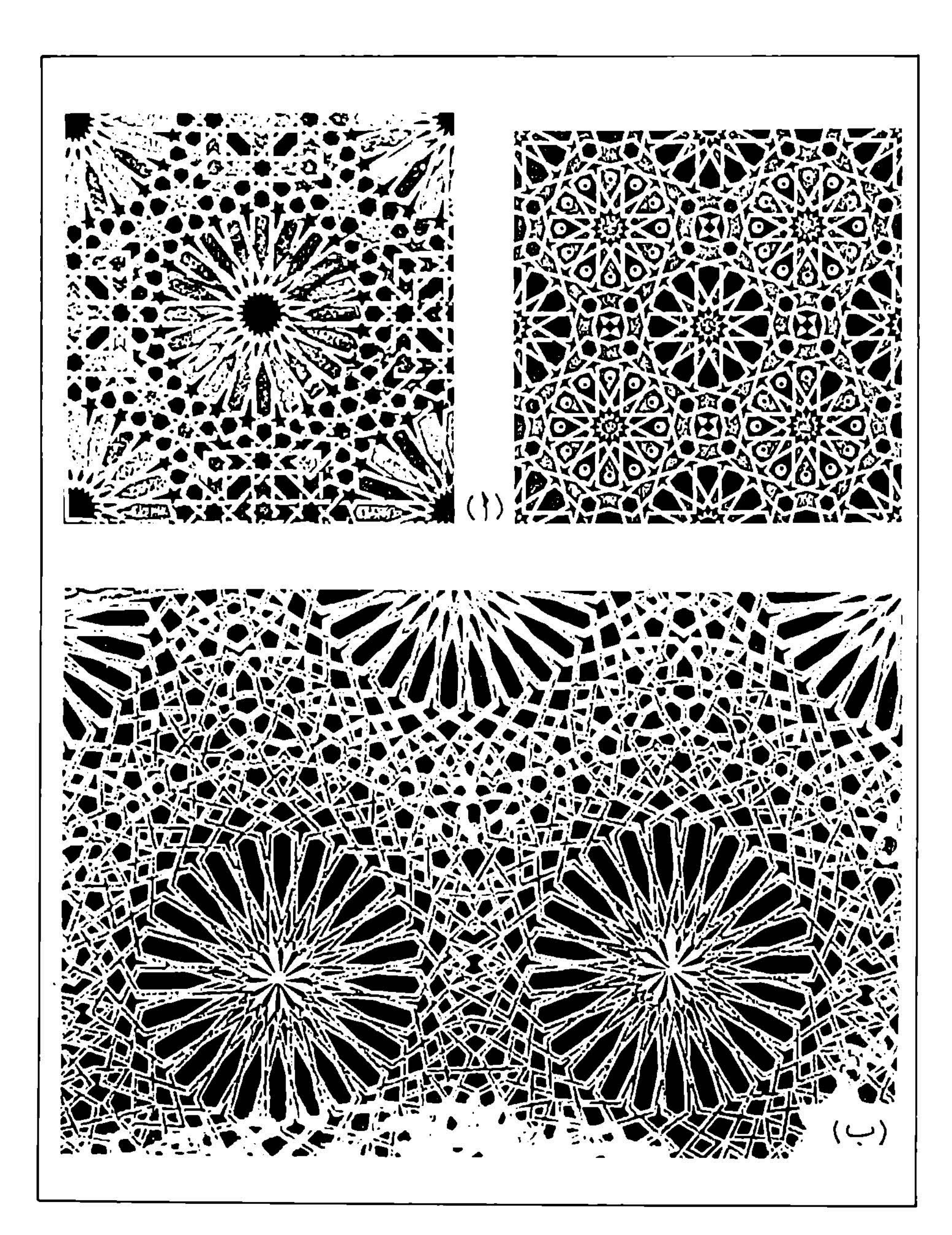


شكل (٥٥)

زخارف هندسية على خشب مطعم بالعاج والأبنوس والصدف والعظم واللؤلؤ ـ من مصر في القرن١٠هـ = ١٦م (من مجموعة البارون دي ميشيل).



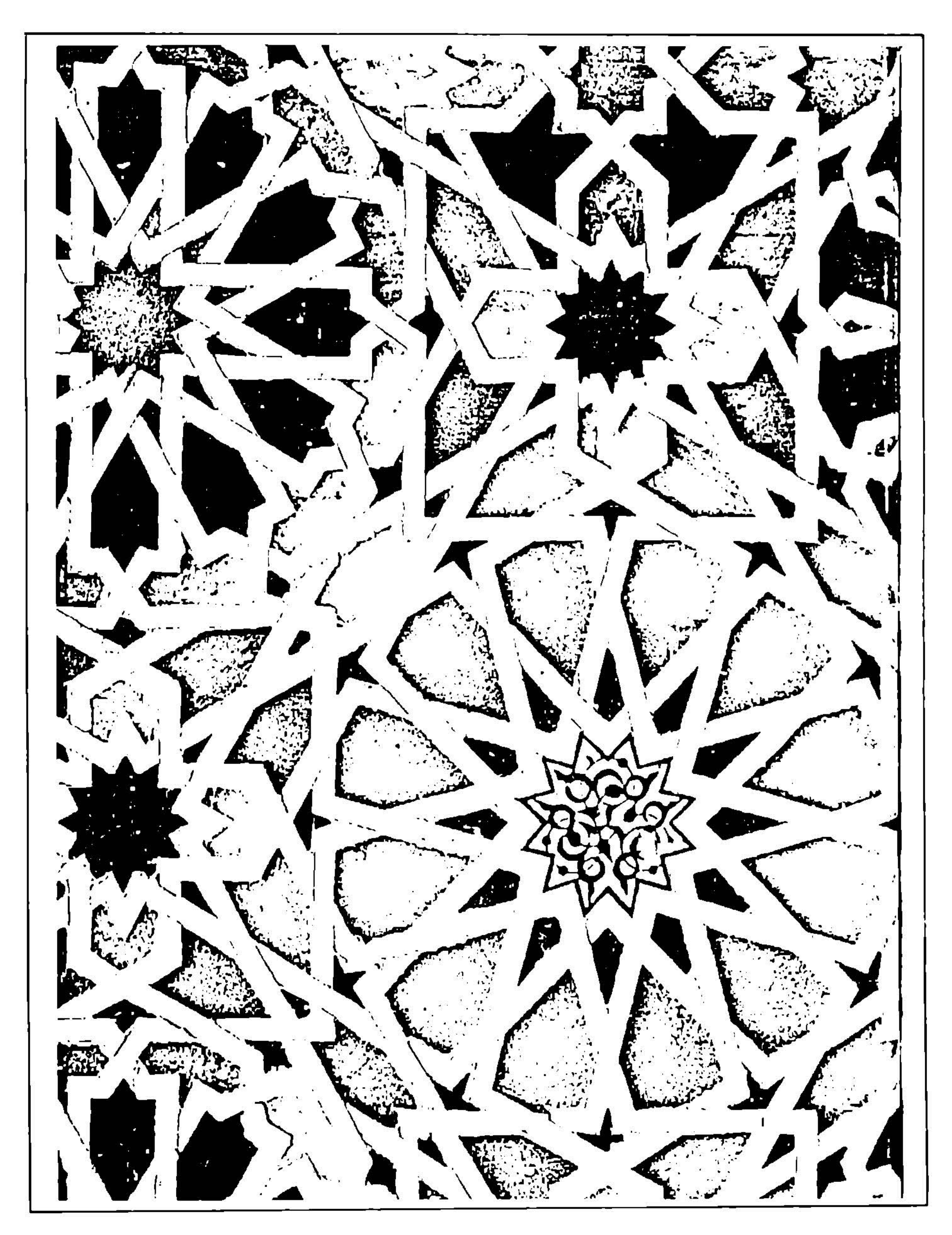
شكل (٥٦)
أمثلة لزخارف هندسية على الخشب.



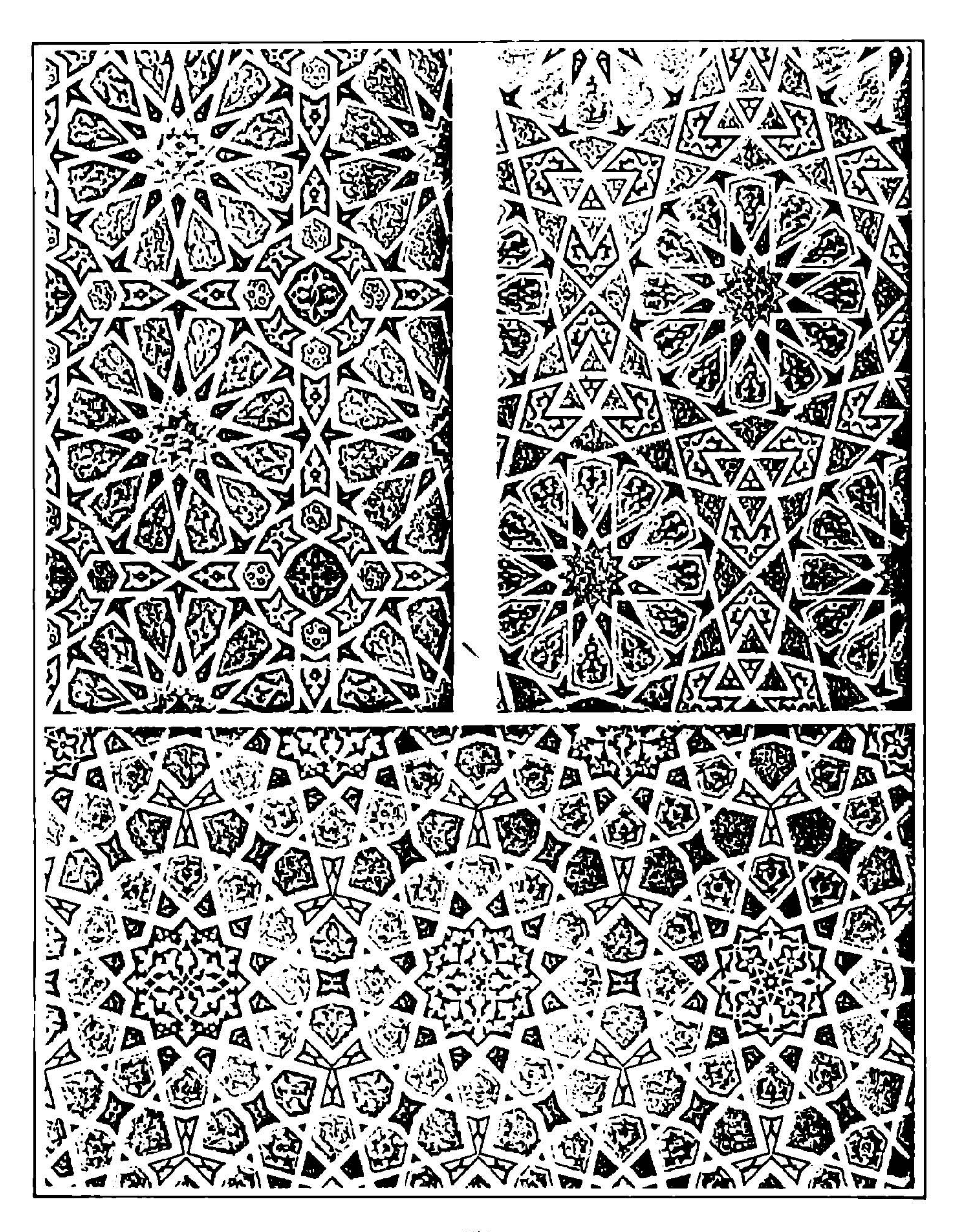
شكل (٥٧)

أ ـ زخارف هندسية (بعضها زخارف نباتية) في شاه مشهد بأفغانستان ـ من القرن ٦ / ٧هـ = القرن ١٢/١٣م.

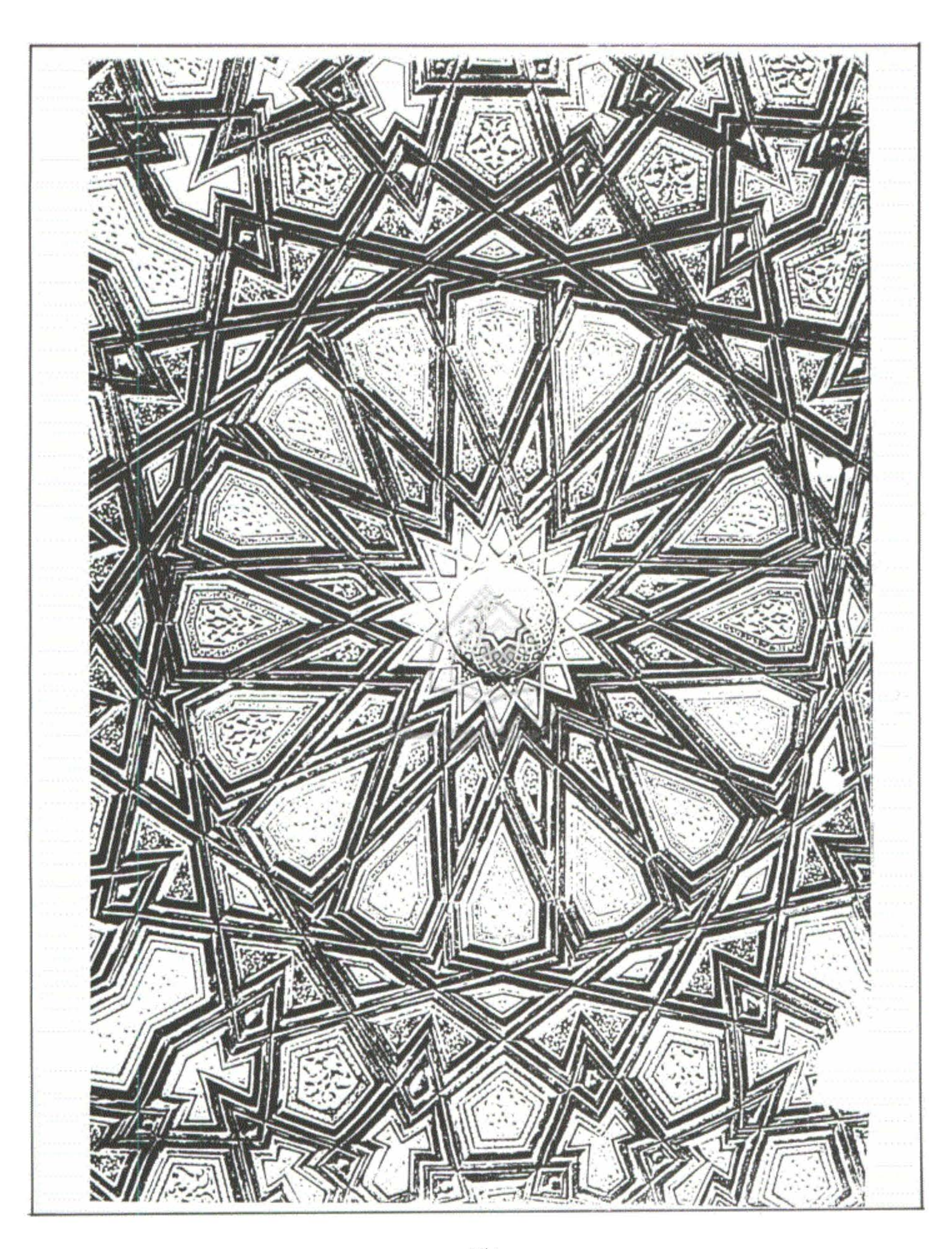
ب ـ زخارف على هيئة الطبق النجمي بمدرسة قونيه (كونيا) ـ من القرن ٧هـ = القرن ١٣م.



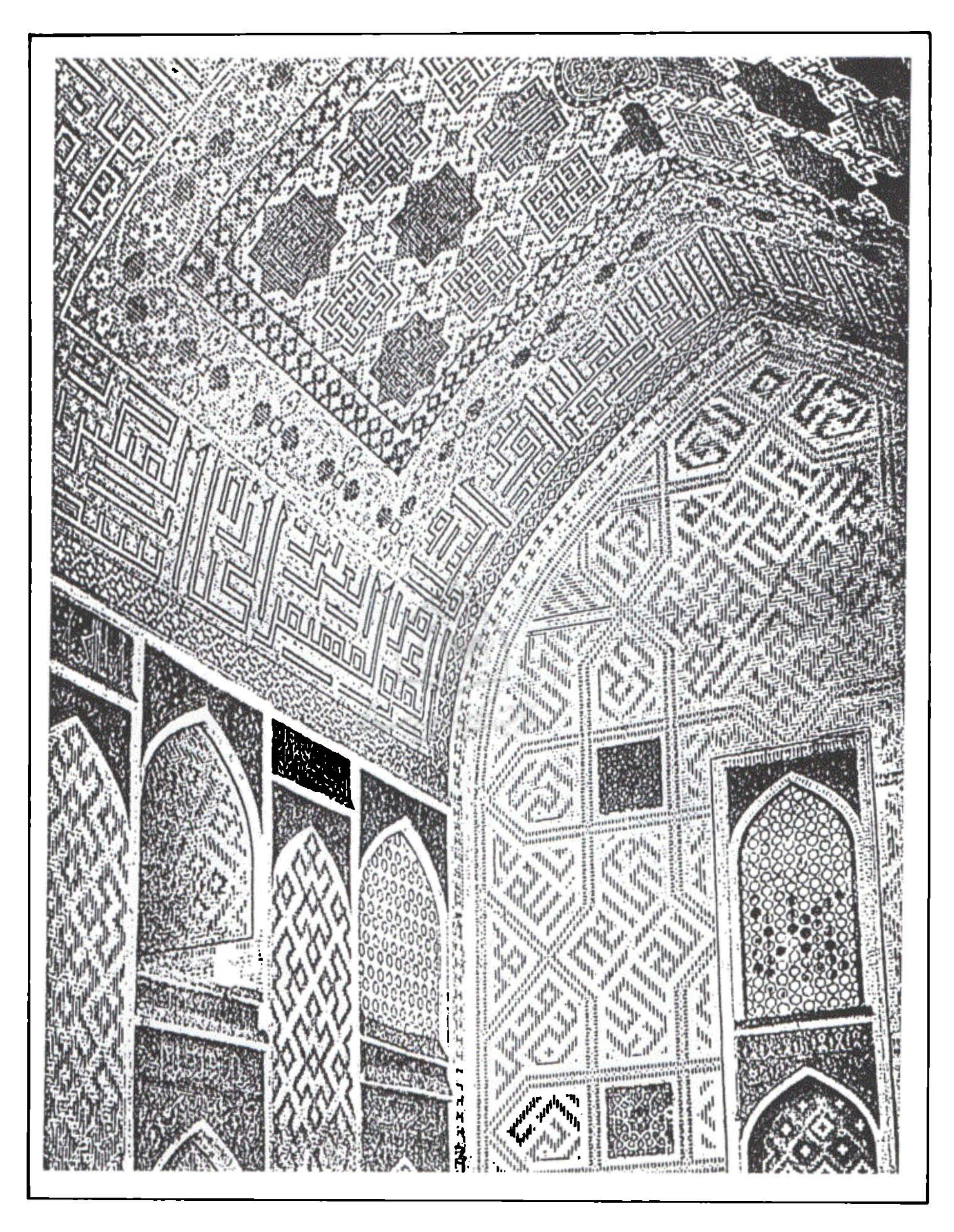
شكل (٥٨)
زخارف هندسية من فسيفساء القاشاني - من قصر الحمراء بغرناطة.



شكل (٥٩)
زخارف إسلامية لمنبر مسجد من القرن التاسع الهجري = ١٥م.



شكل (٦٠)
زخرفة هندسية على هيئة نجمية ذات ١٦ فرعا.



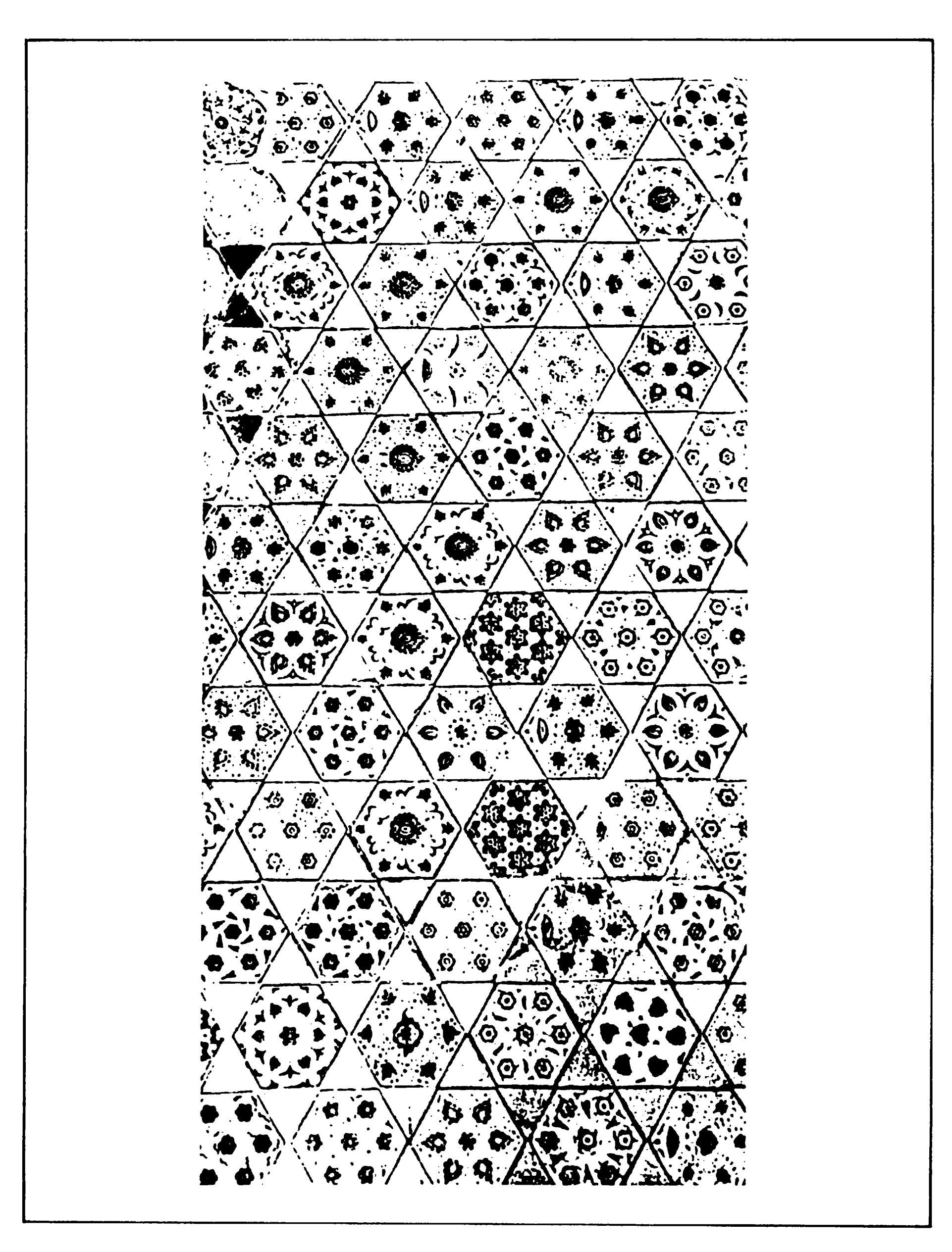
شكل (٦١)

عقود مدببة وزخارف وخطوط هندسية مستقيمة بمسجد جوهر شاه بمدينة مشهد بايران.



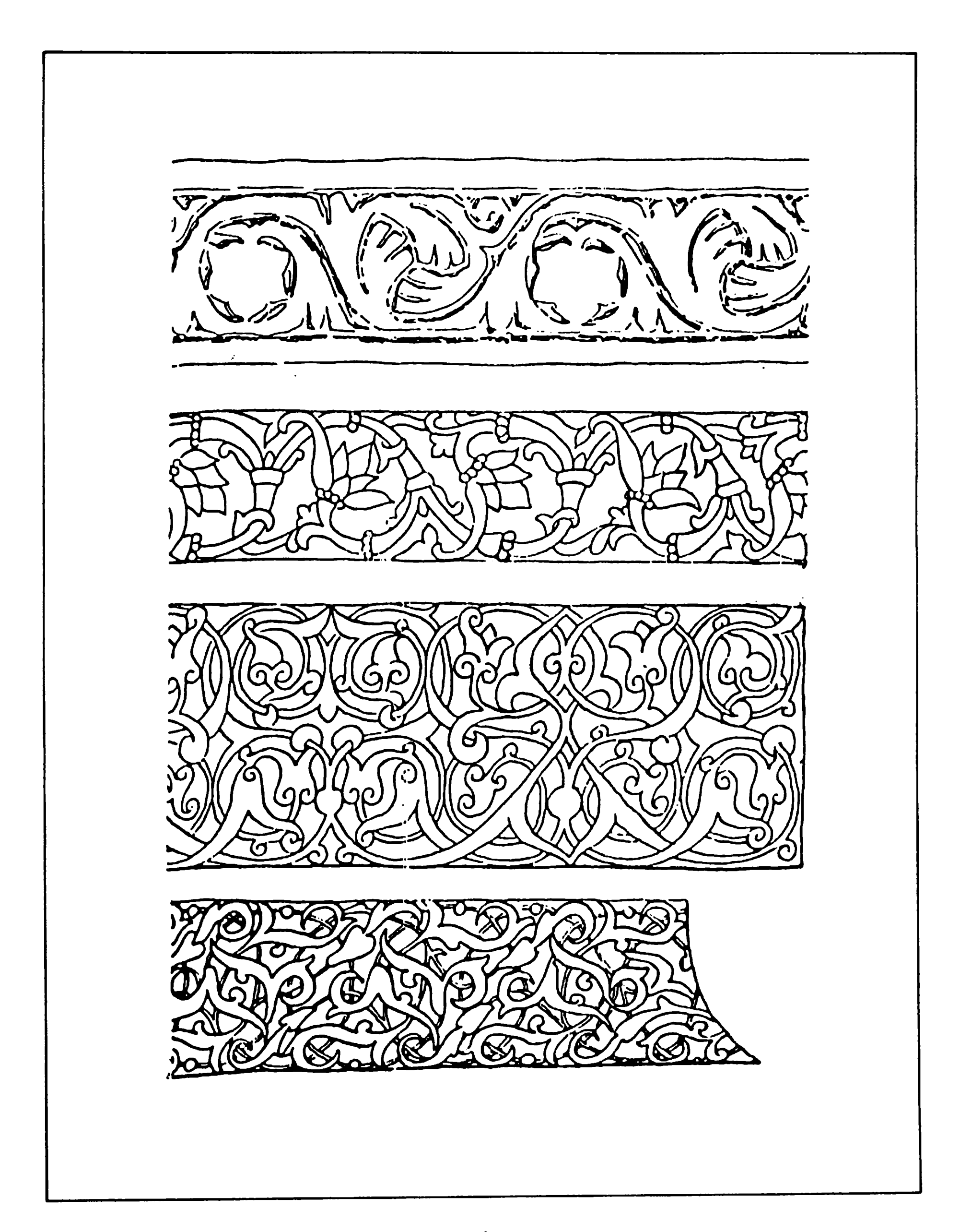
شكل (٦٢)

مثال من الزخارف الهندسية التي تزين أسقف مسجد الفتح بالقاهرة.



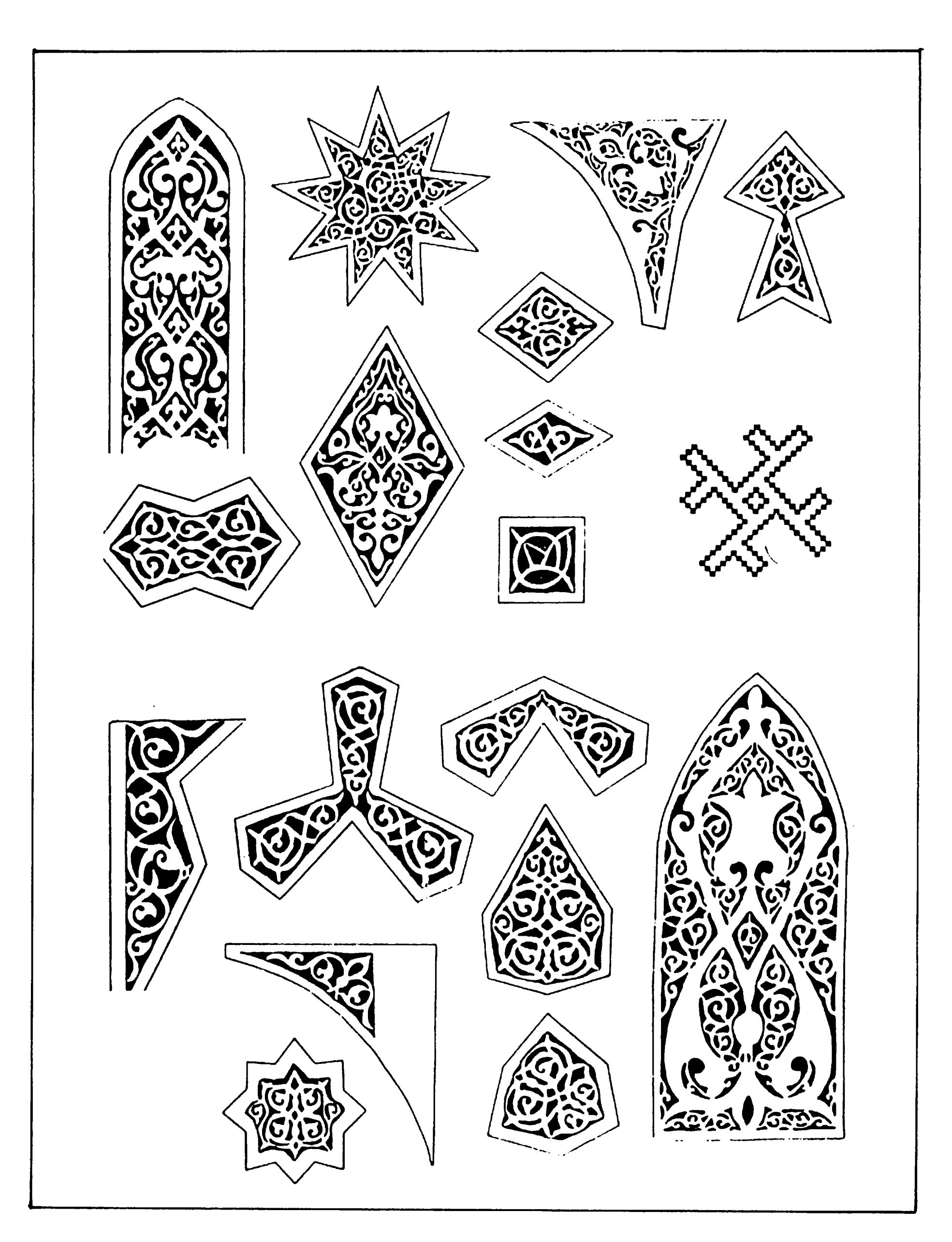
شكل (٦٣)

وحدات زخرفة هندسية نباتية منفذة على بلاطات قاشاني بداخل مسجد المُرادية بمدينة أدرنة بتركيا.

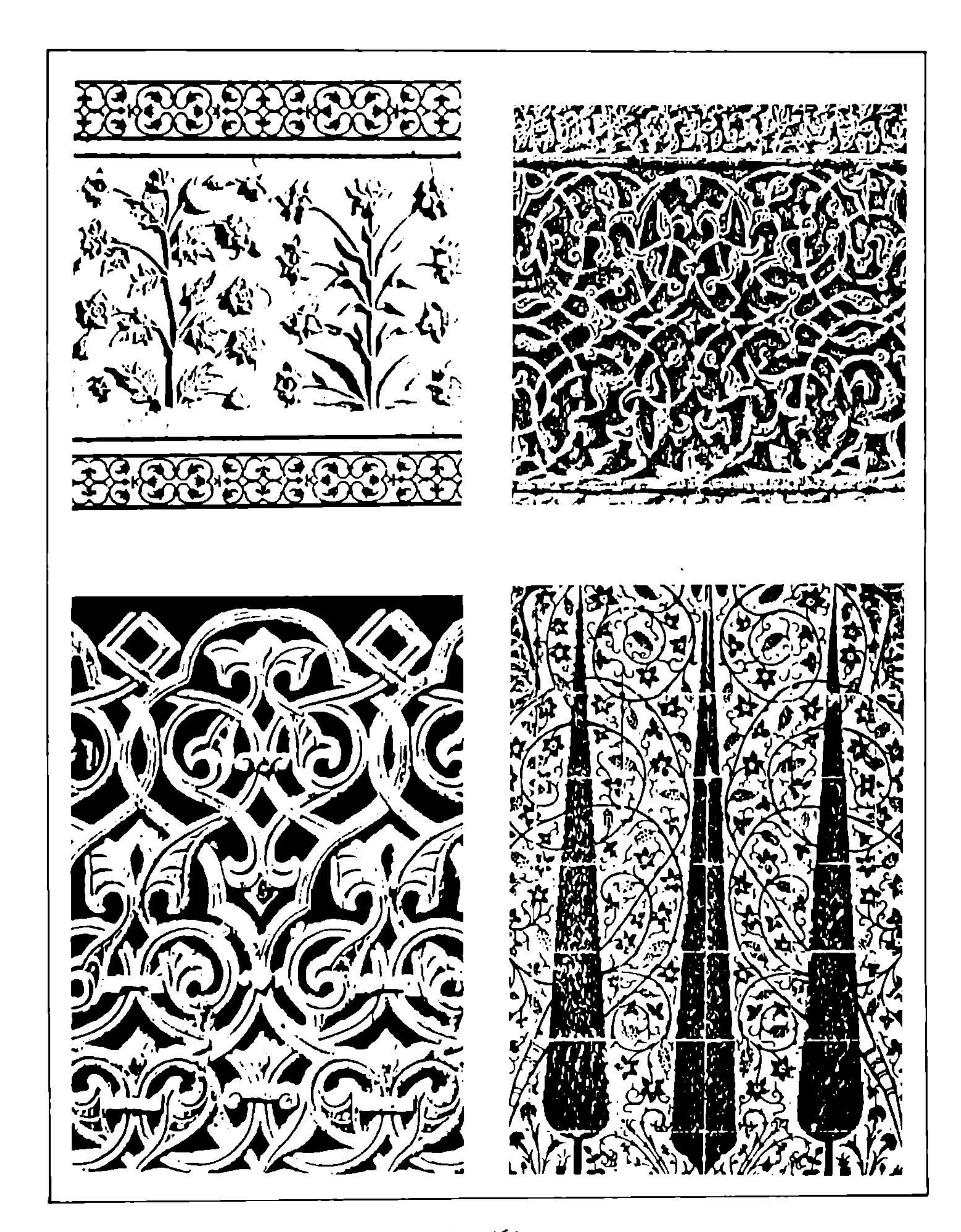


شكل (٦٤)

أربع مراحل من تطور الزخارف النباتية من عصر مسجد عمرو بن العاص في الفسطاط الى عصر مسجد سيدي عُقبة بالقيروان.

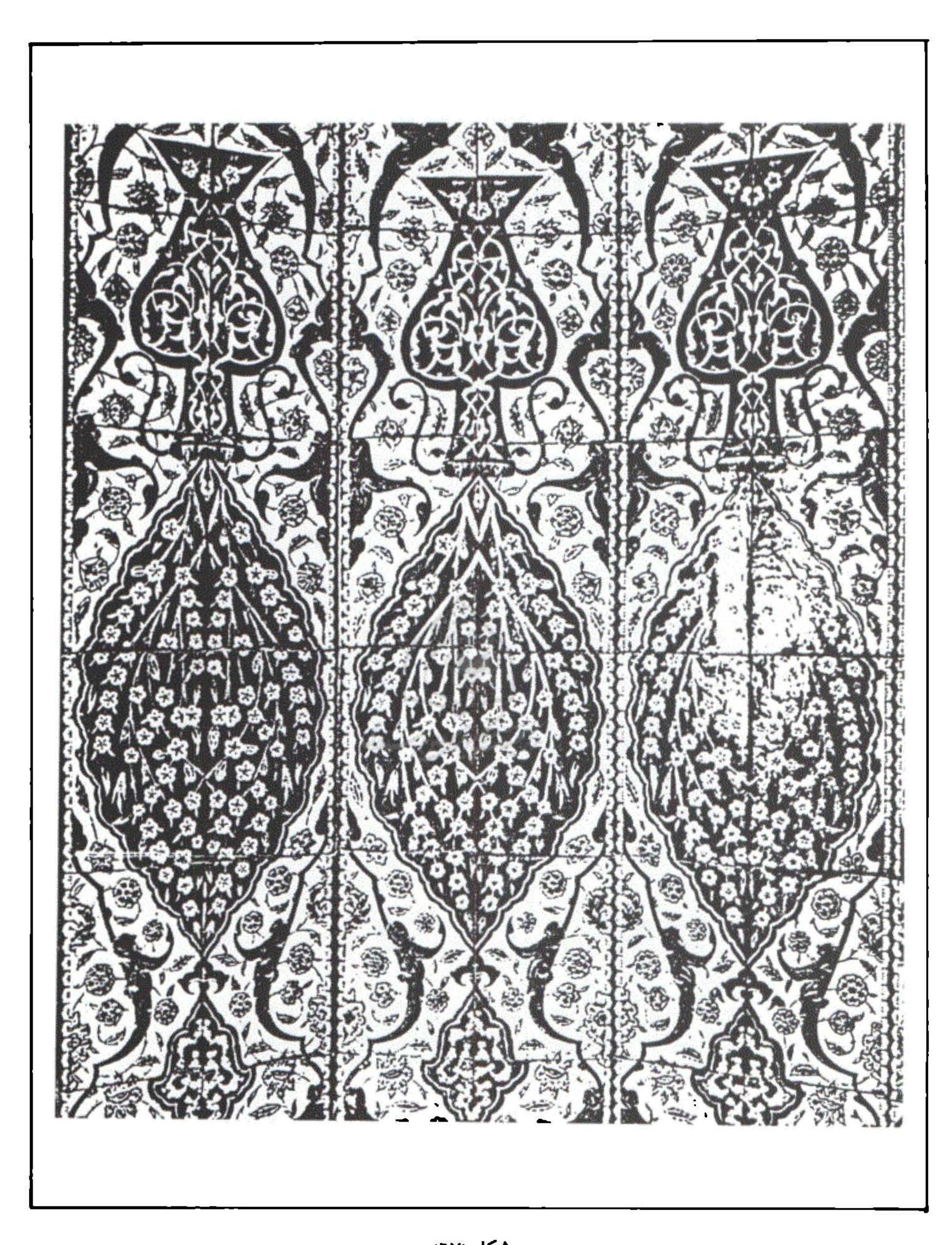


شكل (٦٥)
أمثلة لأشكال هندسية تضم زخارف نباتية .



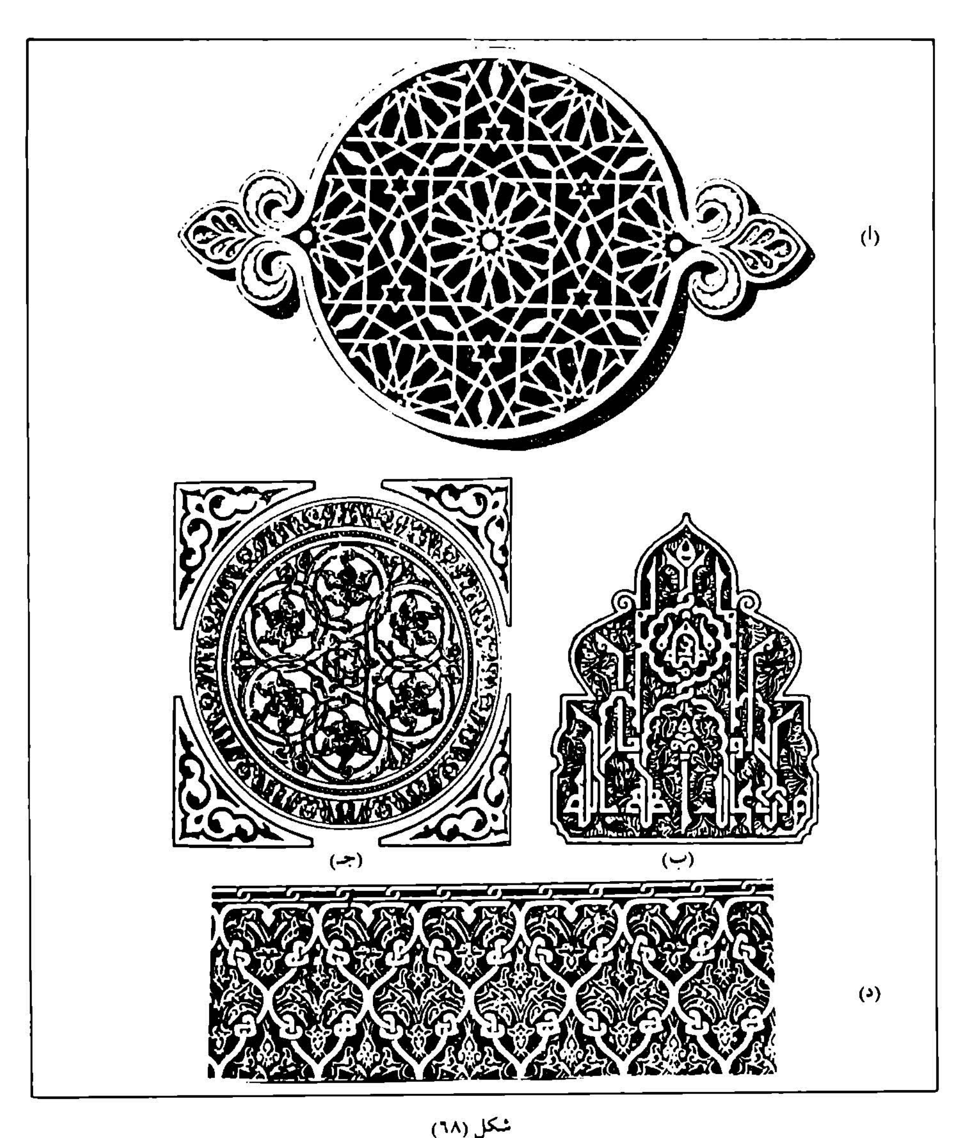
شكل (٦٦)

نماذج من زخارف نباتية بارزة ومستوية.



شكل (٦٧)

زخارف نباتية تتركب من خطوط وفروع منحنية تحوطها أشكال انسيابية (من فن الرقش العربي). بلاطات من القاشاني من مسجد رستم باشا باستانبول.



شكل (٦٨)

زخارف تجمع بين الأشكال الهندسية والتفريعات النباتية والخطوط الزخرفية من القرن ٨/٩هـ = القرن ١٤/١٥م.

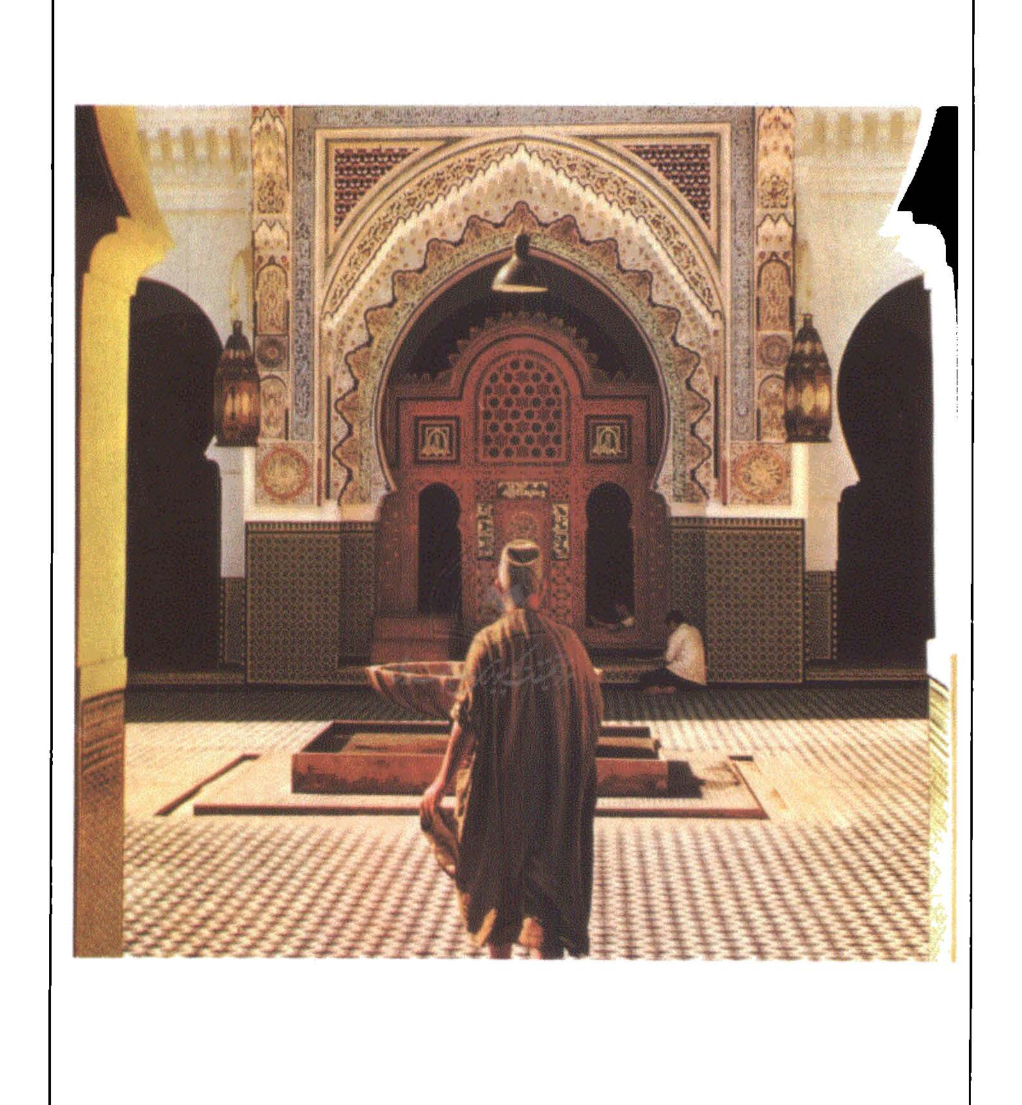
(أ) من واجهة مسجد شمس الدين صنقر بالقاهرة، سنة ٧١٥ هـ.

(ب) كتابة كوفية اندلسية.

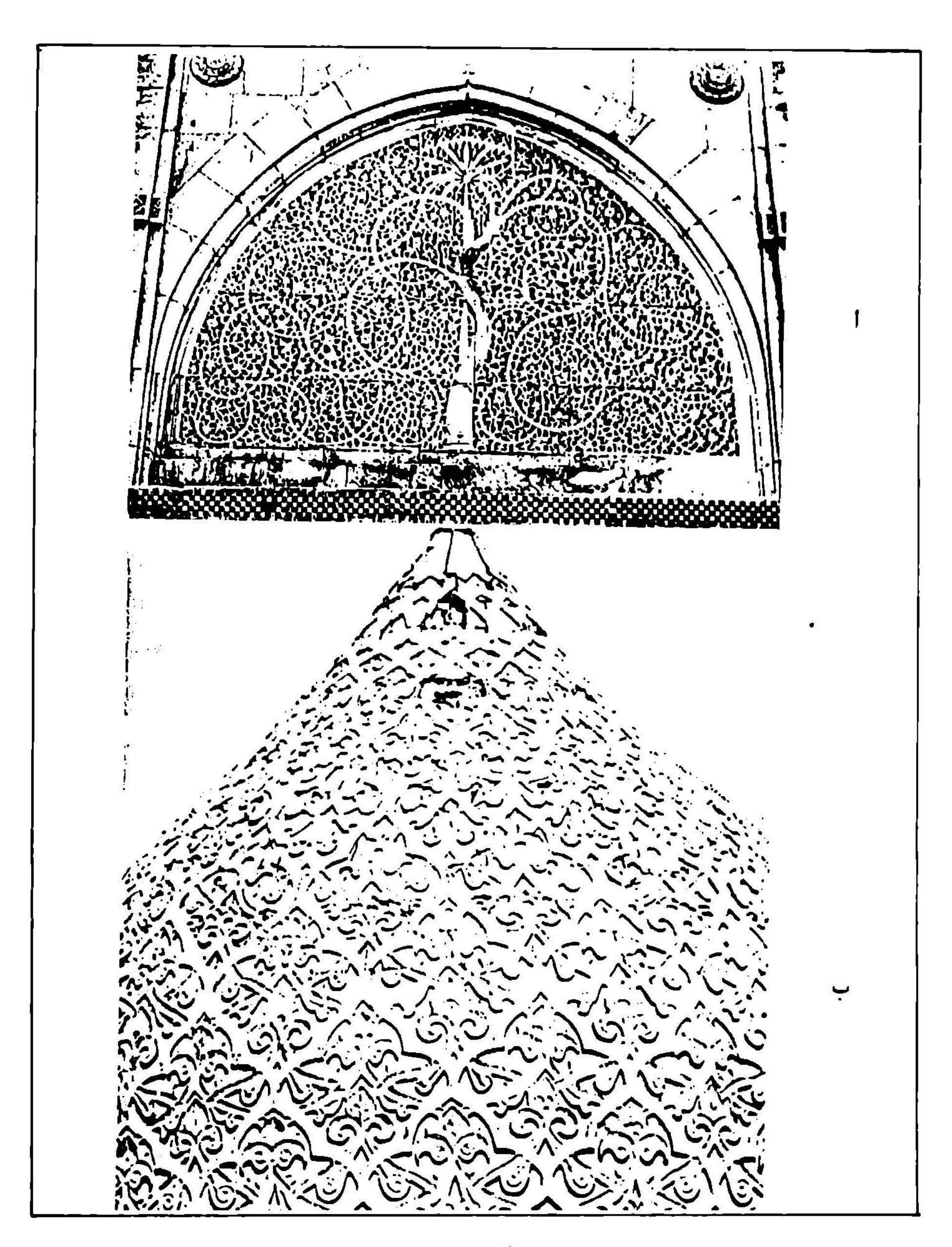
(جـ) من مسجد الأمير سيف الدين صغر تمش بالقاهرة، سنة ٧٥٧ هـ.

(عن مصور الخط العربي لناجي زين الدين الخطاط البغدادي المعاصر، رحمه الله).

(د) من مسجد خاير بك المملوكي في عهد السلطان الغوري سنة ٩٠٨ هـ.



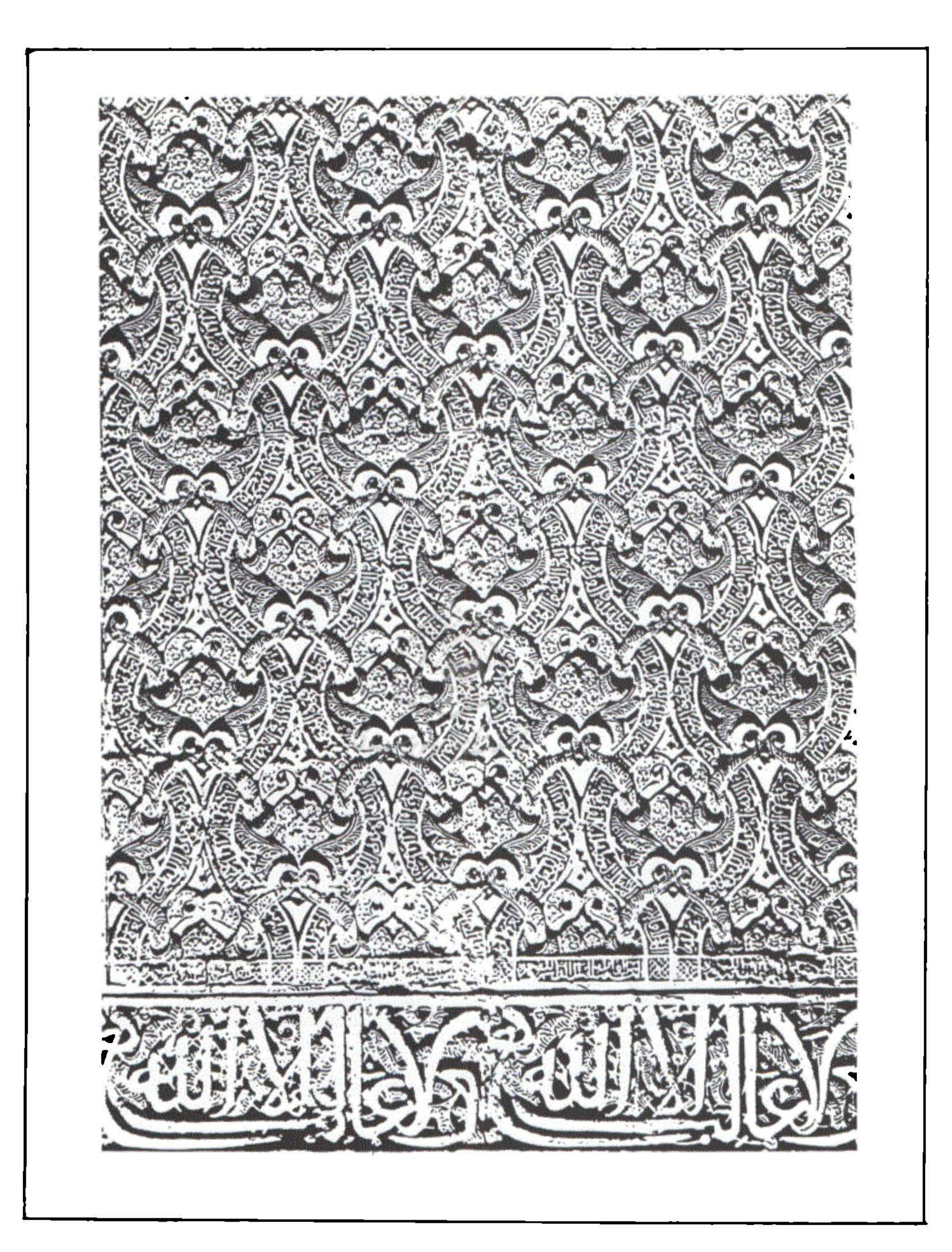
شكل (٦٩)
مثال من العقود والزخارف المغاربية .



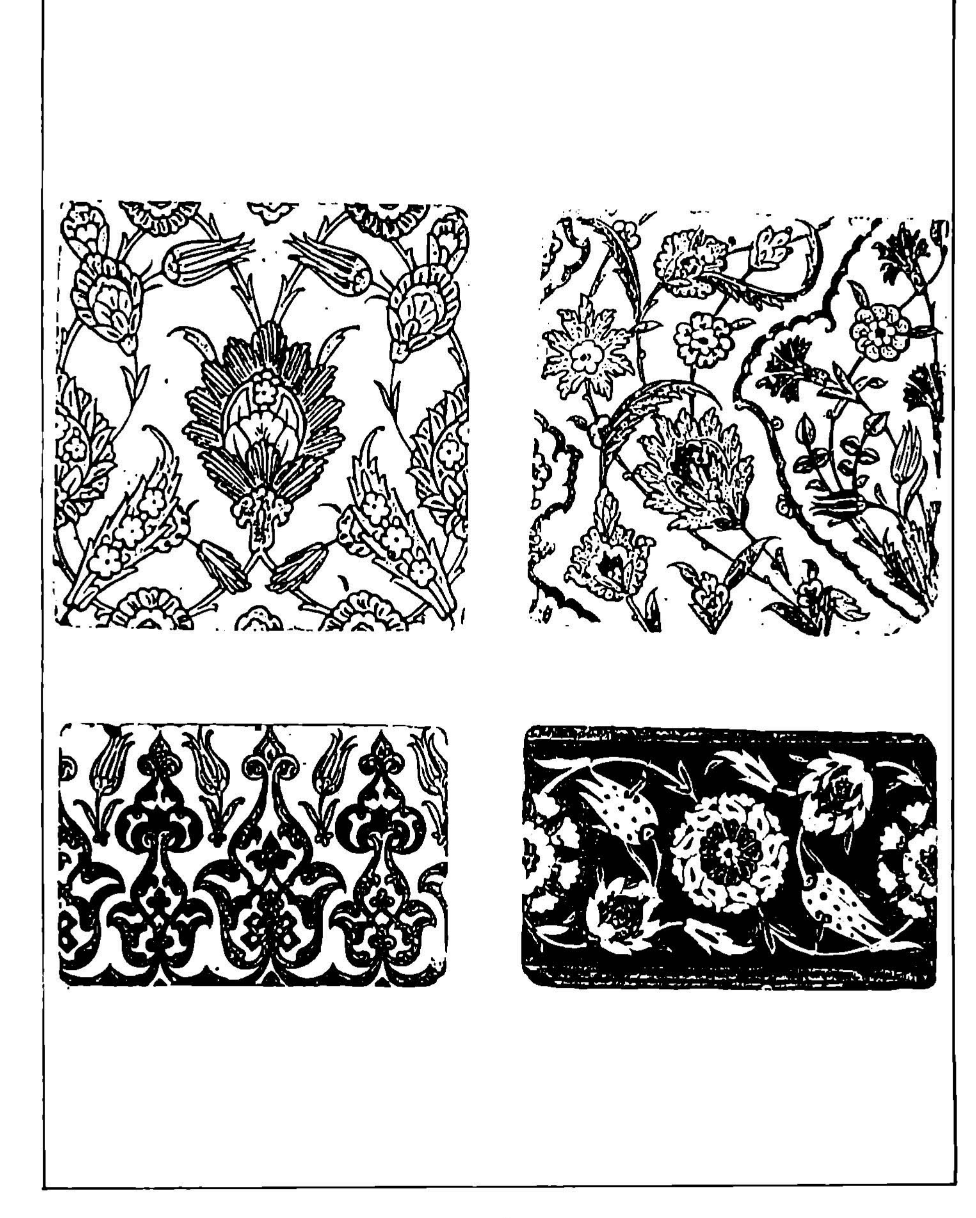
شكل (٧٠)

أ ـ زخارف نباتية شريطية **Lace Decorations** .

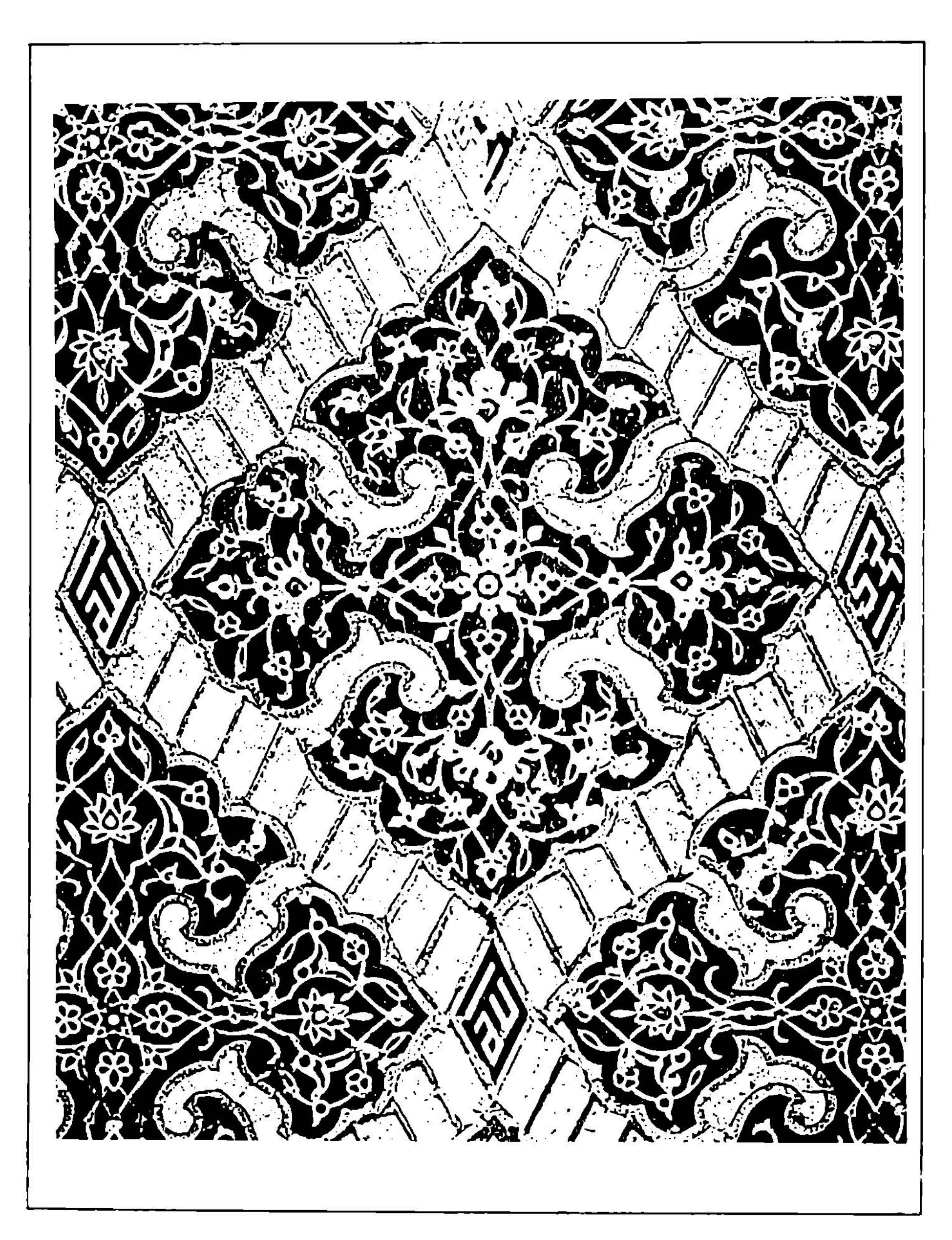
ب ـ زخارف نباتية بارزة منفذة على سطح قبة .



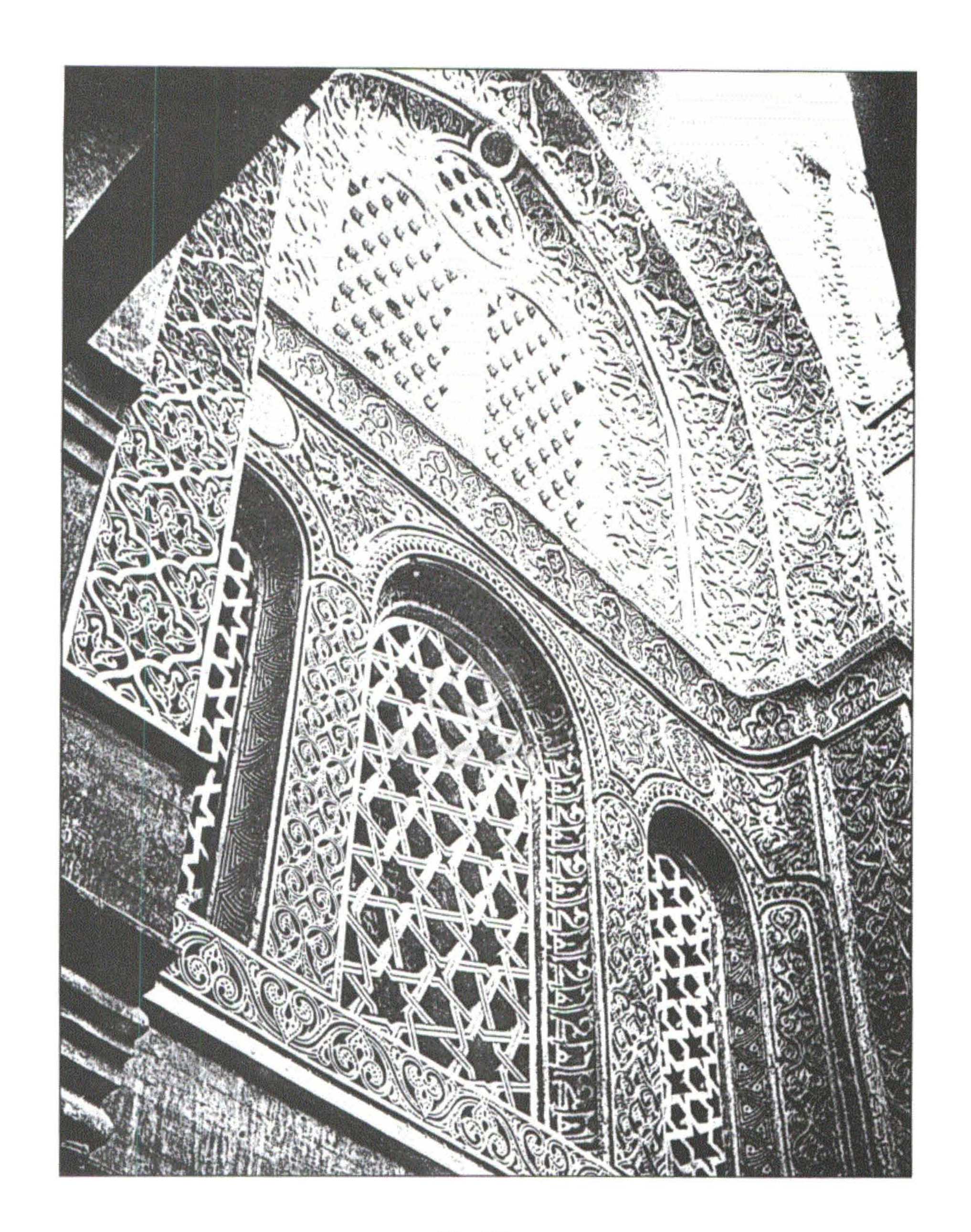
شكل (٧١)
زخارف نباتية وخطية على لوح جِصّي ـ من قاعة السفراء بقصر الحمراء بغرناطة .



شكل (٧٢)
زخارف نباتية على بلاطات خزفية مزججة ـ من تركيا في القرن ١٠ هـ = القرن ١٦م.



شكل (٧٣)
زخارف نباتية على القاشاني الملون بالجامع الأزرق في تبريز بإيران ـ من القرن ٩ هـ = القرن ١٥ م.



شكل (٧٤)
زخارف هندسية ونباتية من داخل ضريح السلطان قلاوون بالقاهرة.

٣,٢,٦,١ ـ الخط العربي واستخدامه في الزخرفة

اعتمد الفنان في الحضارة الإسلامية على الخط العربي كعنصر زخرفي، حيث تنوعت الخطوط وتباينت الزخارف والتكوينات المدخلة عليها، ونشير فيما يلي الى أهم الخطوط العربية:

الخط الكوفي

وهو خط ينسب الى مدينة الكوفة، وإن كان قد وفد اليها من المدينة المنورة، وهو على أشكال منها:

١ ـ الخط الكوفي البسيط: وهو خط لا يلحقه توريق أو تضفير.

٢ ـ الخط الكوفي الهندسي: وهو خط مبني على أساس هندسي، حيث يستند الى الخطوط المستقيمة والزوايا القائمة (الأشكال ٧٥ ـ ٨١).

٣ ـ الخط الكوفي المورق والمزهر: وهو خط تلحق به زخارف على هيئة أغصان وأوراق شجر وأزهار دقيقة (شكلا ٨٢، ٨٤).

٤ ـ الخط الكوفي ذو الأرضية النباتية (أرضية من سيقان النباتات اللولبية)، شكل (٨٢).

٥ ـ الخط الكوفي المضفر، (شكلا ٨٢، ٨٤).

٦ ـ الخط الكوفي الزخرفي (شكل ٨٣).

خط النسخ

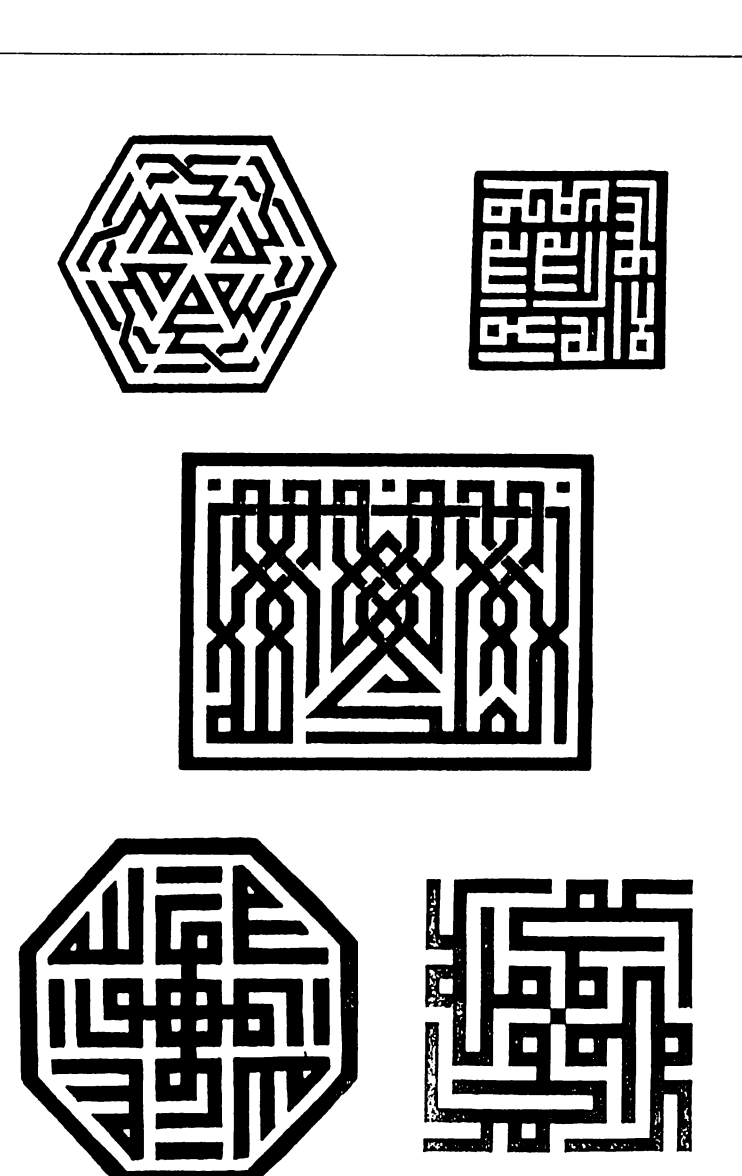
وهو من ابتكار السلاجقة، ظهر عند أتابكة الموصل وفي شمال الشام منذ أوائل القرن ٥هـ = القرن ١١م.

قلم الثلث وقلم الثلثين

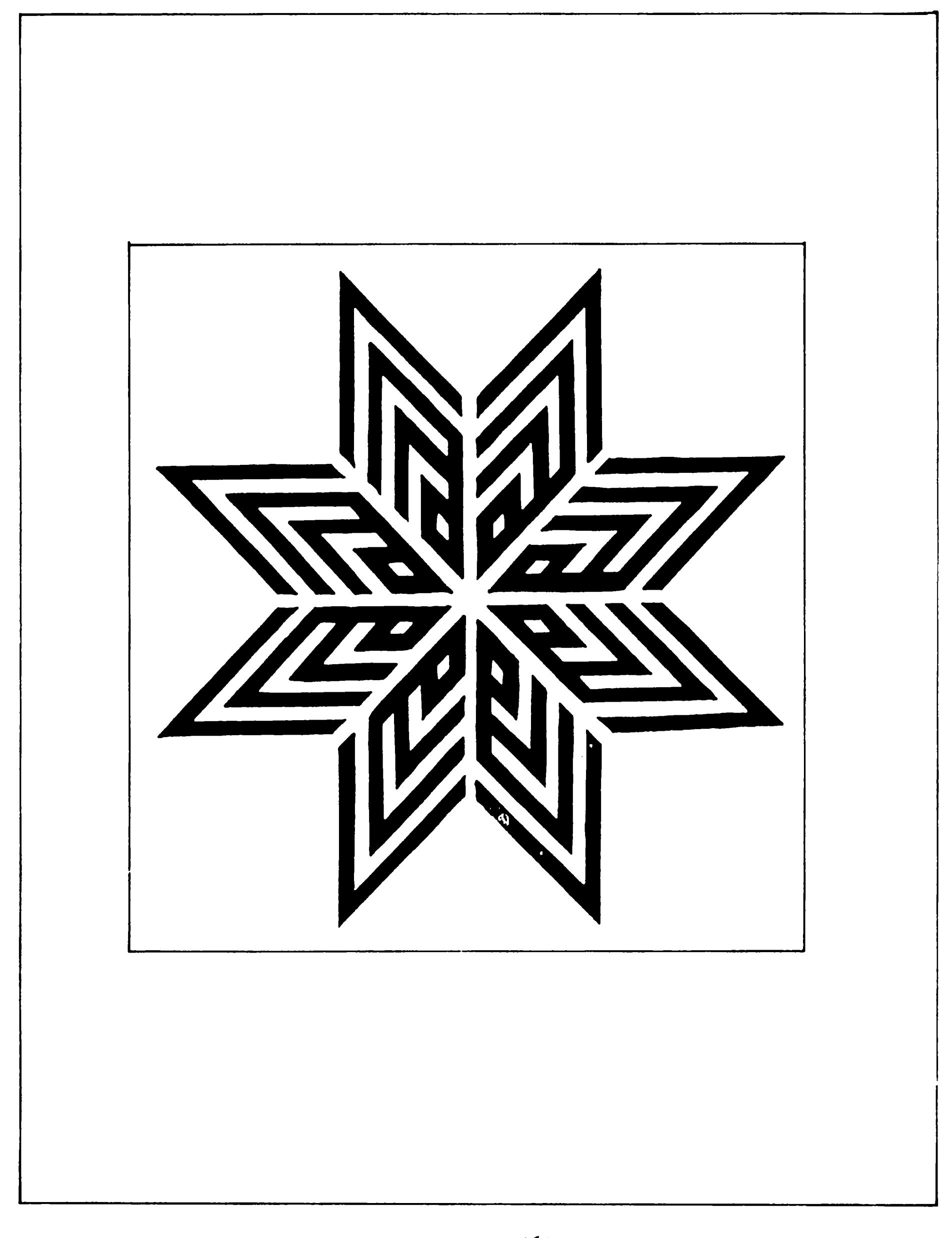
وهما من ابتداع المصريين، وقد انتشر استخدامهما في رسم المصاحف منذ القرن ٥هـ = القرن ١١م.

خط الرقعة
الخط الديواني } وهما من ابتكار الأتراك
الخط الهمايوني

وهو خط مشتق من الخط الديواني.

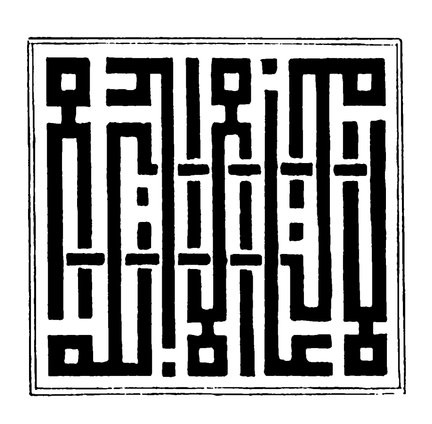


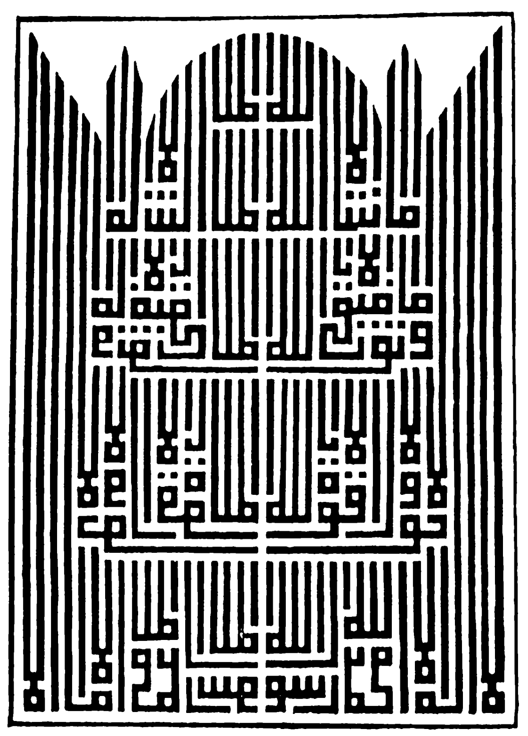
شكل (٧٥)
نماذج من الخط الهندسي : الكوفي المربع (منها : لا إله إلا الله محمد رسول الله ـ الملك لله ـ محمد).



شكل (٧٦)

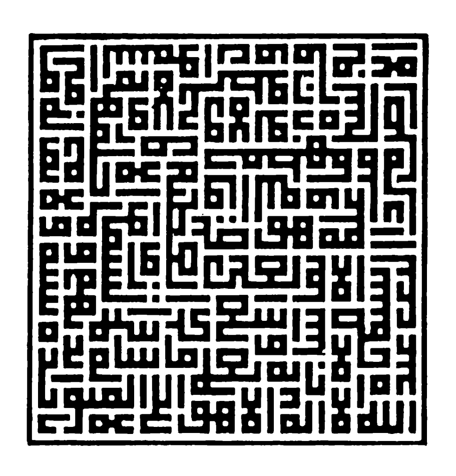
نجمة مثمنة بداخل كل ثمن منها لفظ الجلالة، رُسم بترتيب متزاو.
(عن كتاب «روح الخط العربي» للخطاط كامل البابا).

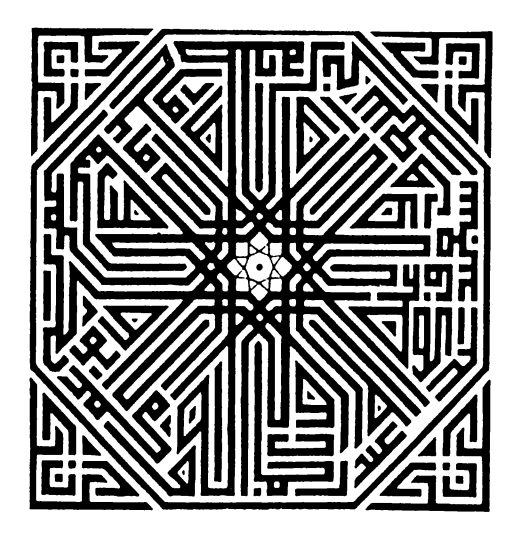




شكل (٧٧)

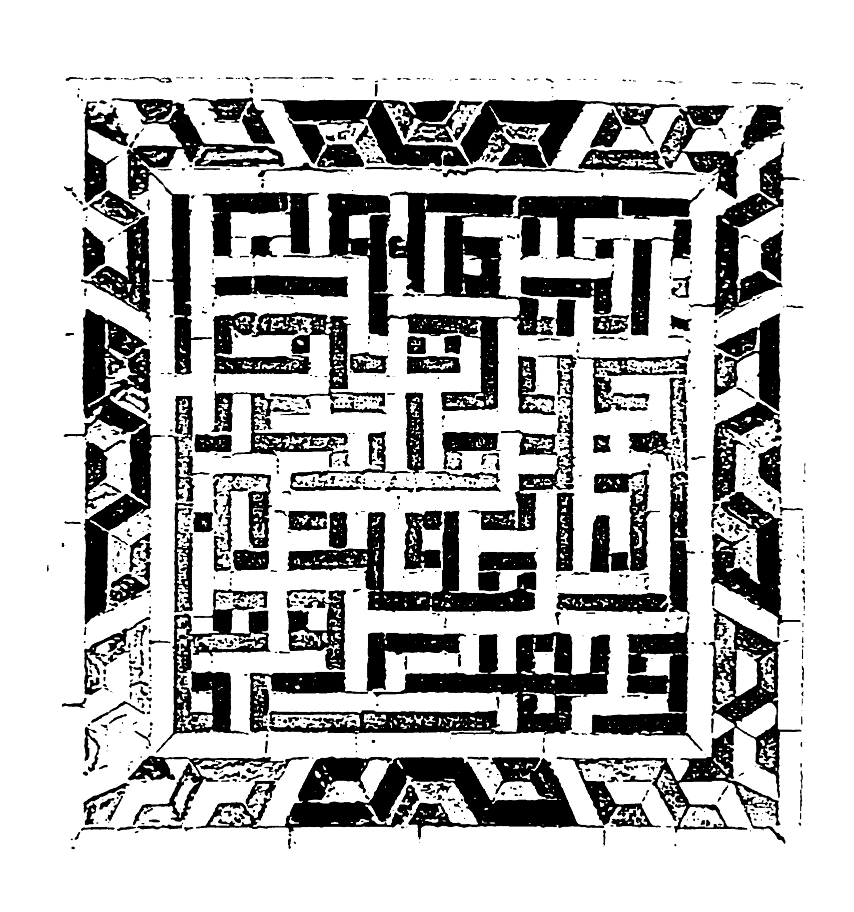
نموذجان من الخط الهندسي: الكوفي المربع (وفيهما: لا غالب إلا الله ـ لا إله إلا الله محمد رسول الله ـ لا حول ولا قوة إلا بالله ـ ما شاء الله . .).



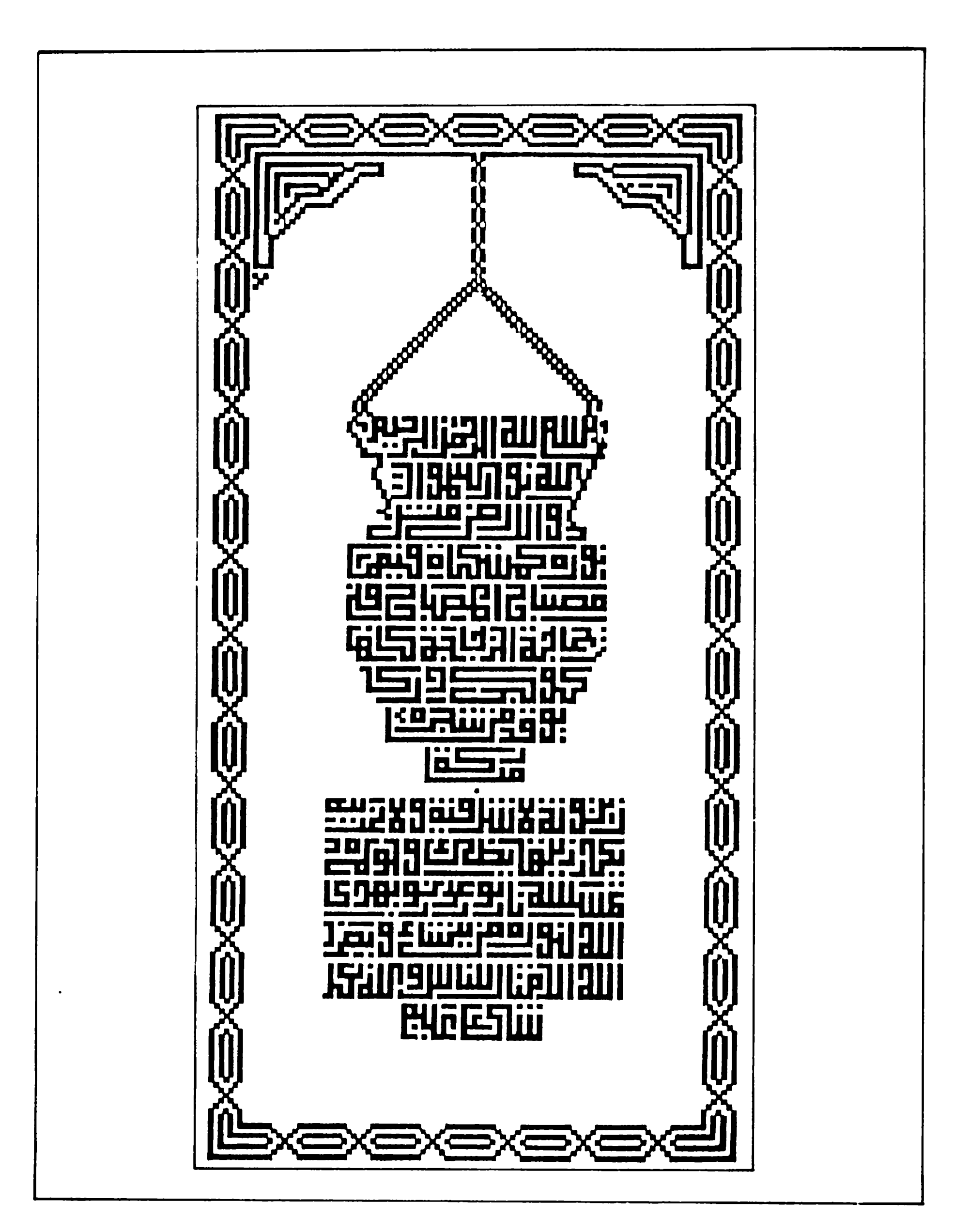




شكل (٧٨)
أمثلة من الخط الكوفي المربع .

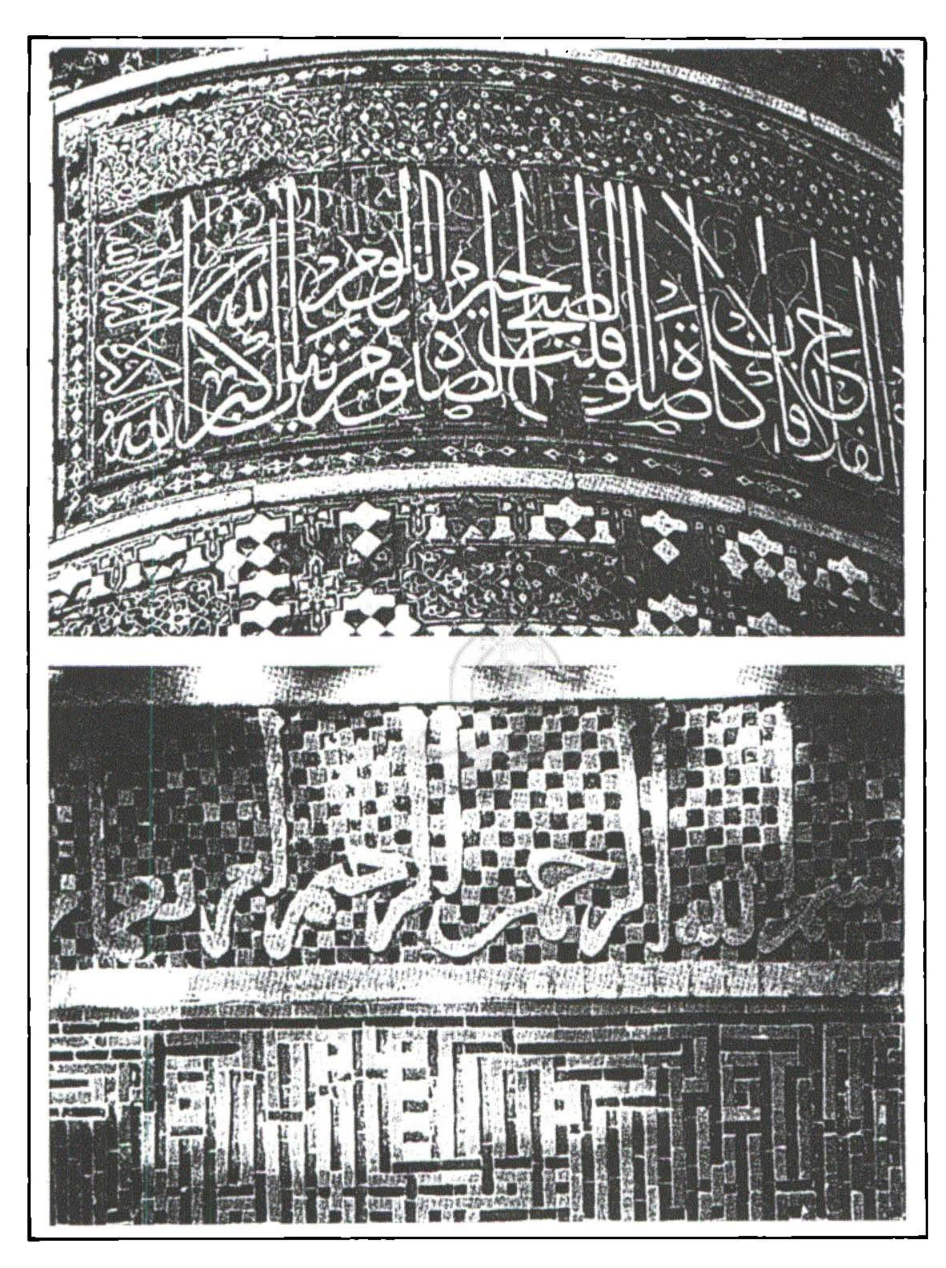


شكل (٧٩)
خط كوفي مربع على لوح مطعم من رخام وحجر وخزف مُزَجَّج ـ من مصر في القرن ٨هـ = القرن ١٤م.



شكل (٨٠)

مثال لخط هندسي كتبت به الآية (٢٤) من سورة النور، وقد صممت اللوحة على هيئة قنديل.



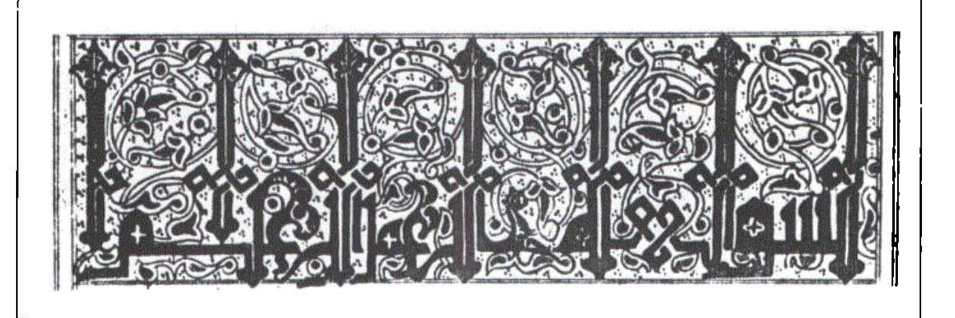
شكل (٨١)

زخارف كتابية على القاشاني: خط ثلث مملوكي، وخط نسخي، وخط كوفي مربع ـ من إيران في القرن ٨هـ = ١٤م.



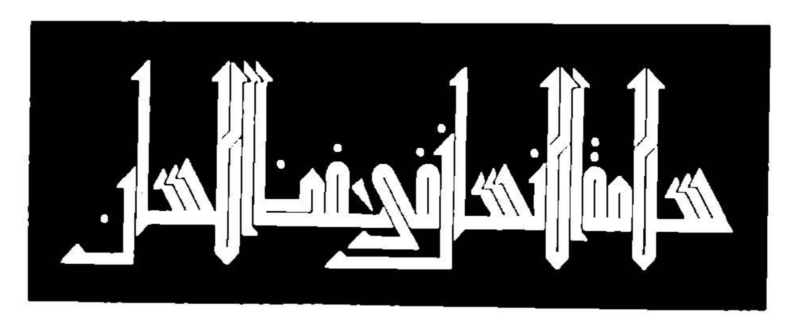
بسم الله الرحمن الرحيم

وما النصر إلا من عند الله



شكل (٨٢)

نماذج من الخط الكوفي المضفر والمورق والمزهر



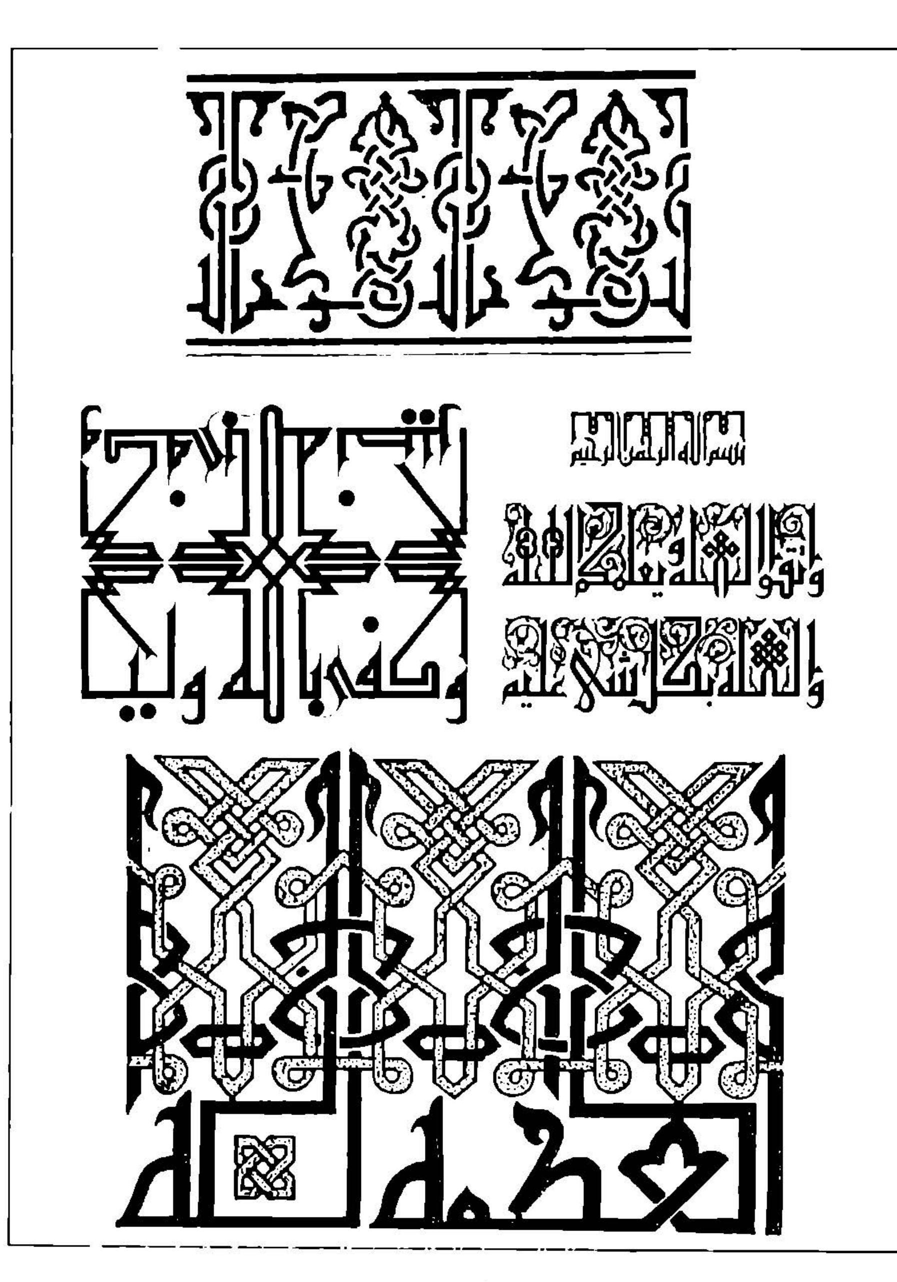
(أ) «سلامة الانسان في حفظ اللسان» (عن كتاب «روح الخط العربي» للخطاط كامل البابا)



(ب) «هو الله الذي لا إله إلا هو عالم الغيب والشهادة هو الرحمن الرحيم» للخطاط حسن أحمد بهزاد

شكل (٨٣)

مثالان للخط الكوفي الزخرفي.



شكل (٨٤)

أمثلة للخط الكوفي المُضفَّر والمورَّق.

خط الاجازة أو التوقيع

وهو خط يجمع بين النسخ والثلث والخط الريحاني.

الخط المغربي

خط التعليق أو الخط الفارسي

ظهر هذا الخط في فارس في القرن ٧هـ = القرن ١٣م، واستخدم في كتابة المخطوطات، ويتميز هذا الخط بالحركة نظرا لكثرة الاستدارات به.

خط النستعليق

وهو خط يجمع بين مميزات خطي النسخ والتعليق، ويمتاز بالسلاسة واليسر في يد الكاتب، وقد ابتكر في القرن ٧هـ = القرن ١٣م.

الخط المحقَّق والخط الدارج

يقصد بالخط المحقق ذلك الخط الذي يسير وفق القواعد والمعايير التي وضعها الوزير العباسي ابن مقلة (ت: ٣٢٨هـ = ٩٤٠م)، ويستعمل هذا الخط في كتابة المصاحف، كذا في المراسلات الهامة.

أما النوع الثاني ـ وهو الخط الدارج ـ فهو الخط الذي لا يلتزم بقواعد ابن مقلة، ومن ثم فإنه يستعمل في المراسلات العادية.

من سمات الخط الحسن

وردت في صفات الخط الجيد عدة شروط منها:

«الخط الجيد هو الخط حسن الوصف، مليح الرصف، مفتح العيون، أملس المتون، كثير الائتلاف، قليل الاختلاف، تهش اليه النفوس، وتشتهيه الأرواح».

وعن شروط الخط الجيد قالوا[1]:

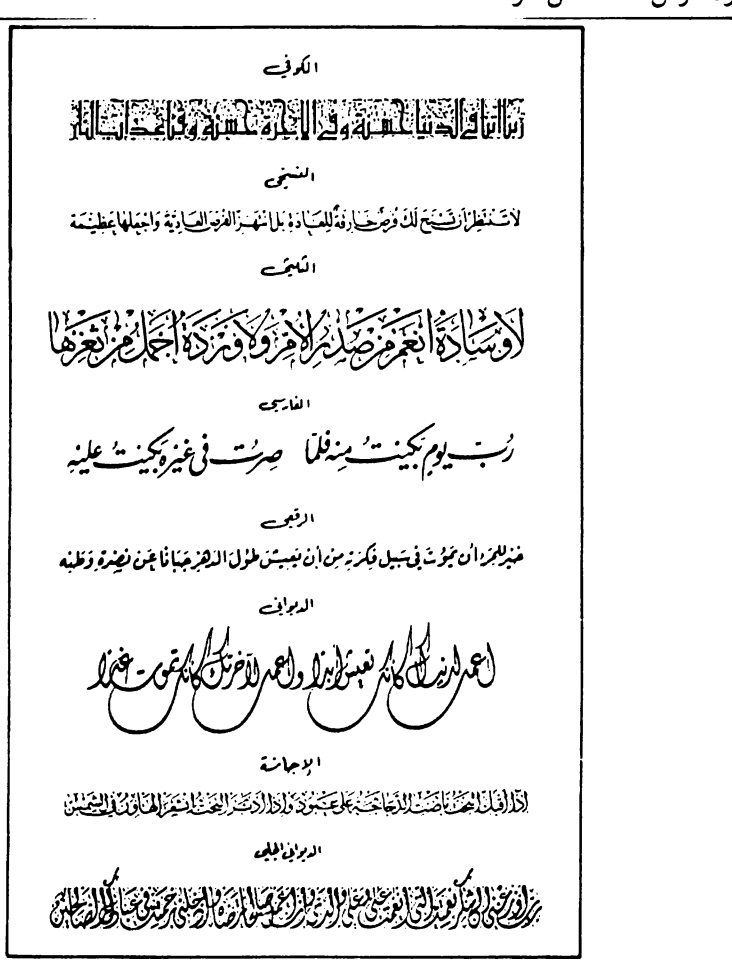
«إذا اعتدلت أقسامه، وطالت ألفه ولامه، واستقامت سطوره، وضاهى صعوده حدوره، وتفتحت عيونه، ولم تشتبه راؤه ونونه، ولم تختلف أجناسه، وأسرع الى العيون تصوره، والى القلوب تنمره، وقدرت فصوله، وأدمجت أصوله، وتناسب دقيقه وجليله، وتساوت أطنابه، واستدارت أهدابه، وصغرت نواجذه، وانفتحت محاجره، وخرج عن نمط الوراقين، وبعد عن تصنع المحررين، وخيل أنه يتحرك وهو ساكن».

(١) راجع «نهاية الأرب في فنون الأدب» للنويري، السفر السابع.

وقيل أيضا:

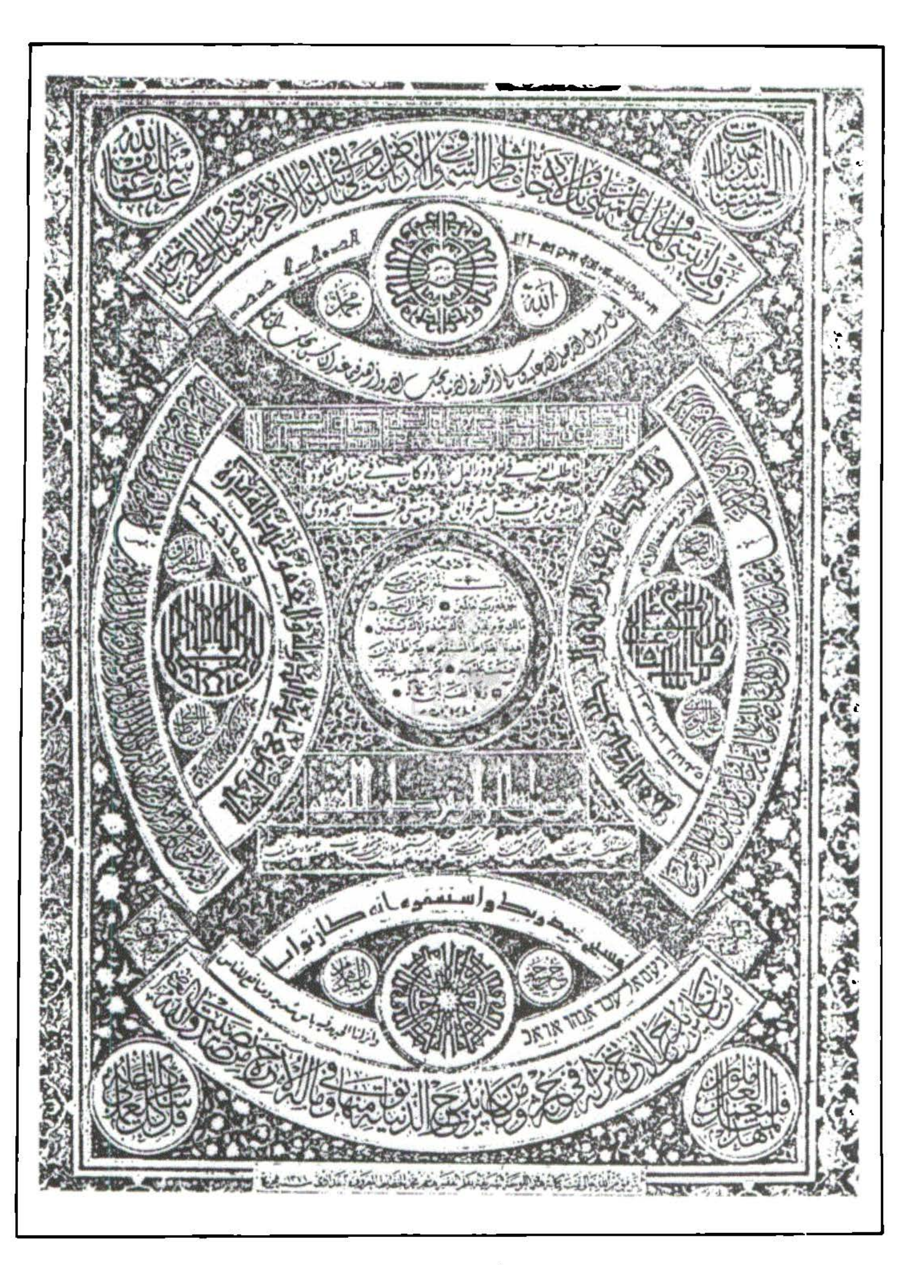
«أجود الخط أبينه، والخط الحسن هو البيِّن الرائق».

هذا وقد اتخذ ابن مقلة الألف مقياسا أساسيا نسبت إليه الحروف جميعها، وتتخذ الألف شكل خط منتصب غير مائل الى استلقاء ولا الى انكباب، وتتكون الألف من ثمان نقط من نقط قلم الكتابة، وبذلك يكون عرض الألف ثمن طولها.



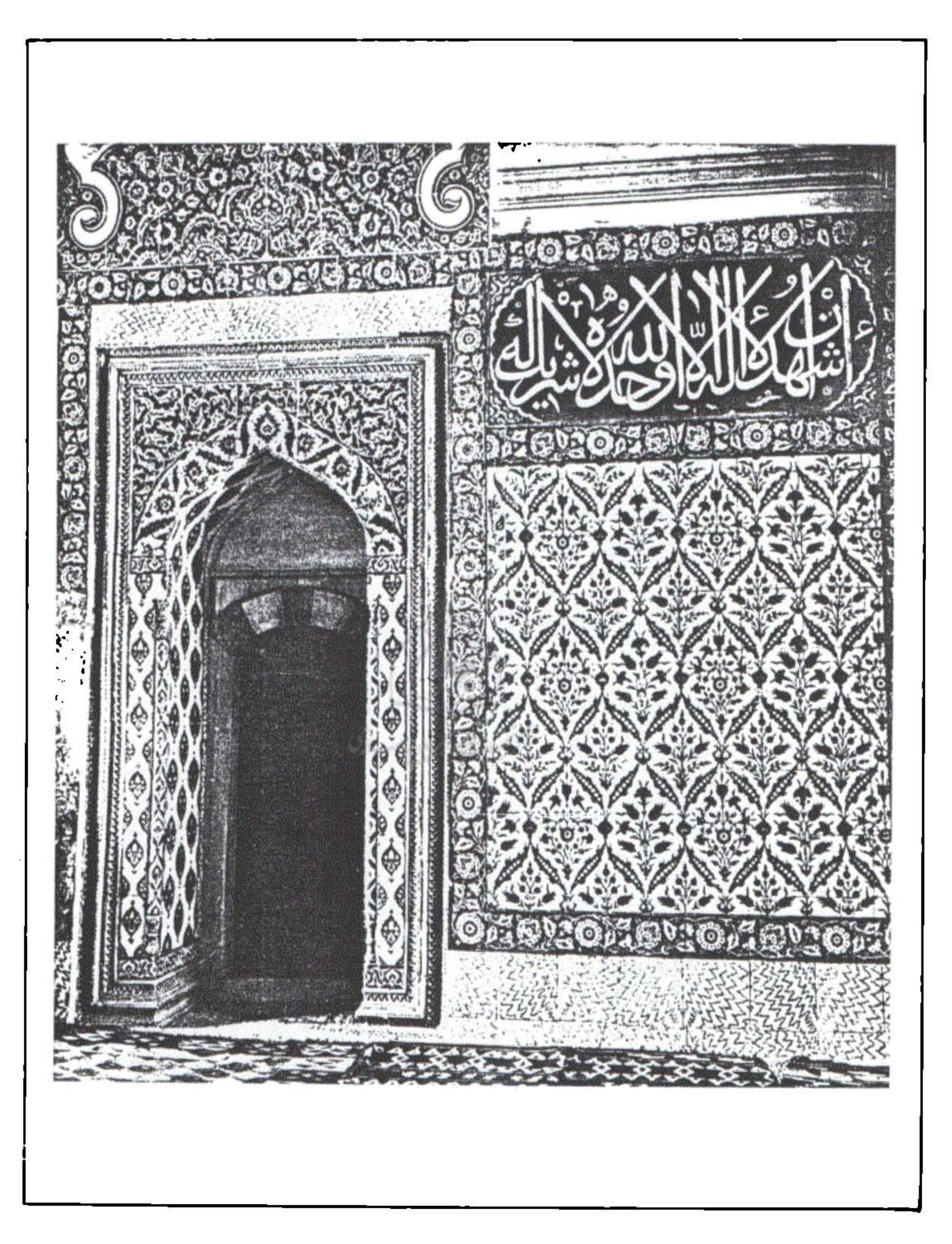
شكل (٨٥)

لوحة جامعة لأشهر أنواع الخط العربي **Arabic Calligraphy** (عن كتاب «روح الخط العربي» للخطاط كامل البابا)



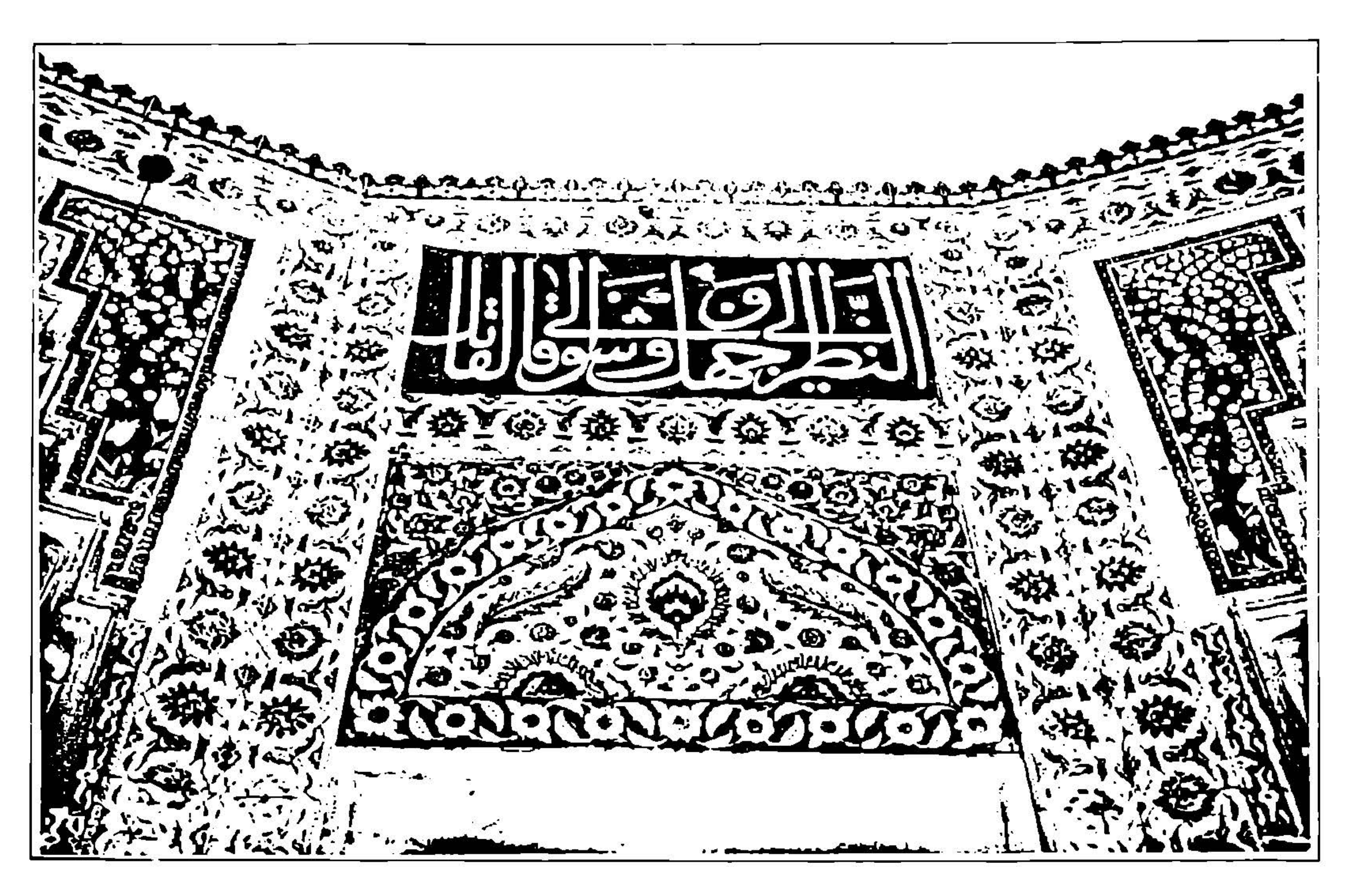
شكل (٨٦)

لوحة تجمع انواعا كثيرة من الخطوط العربية وغير العربية .



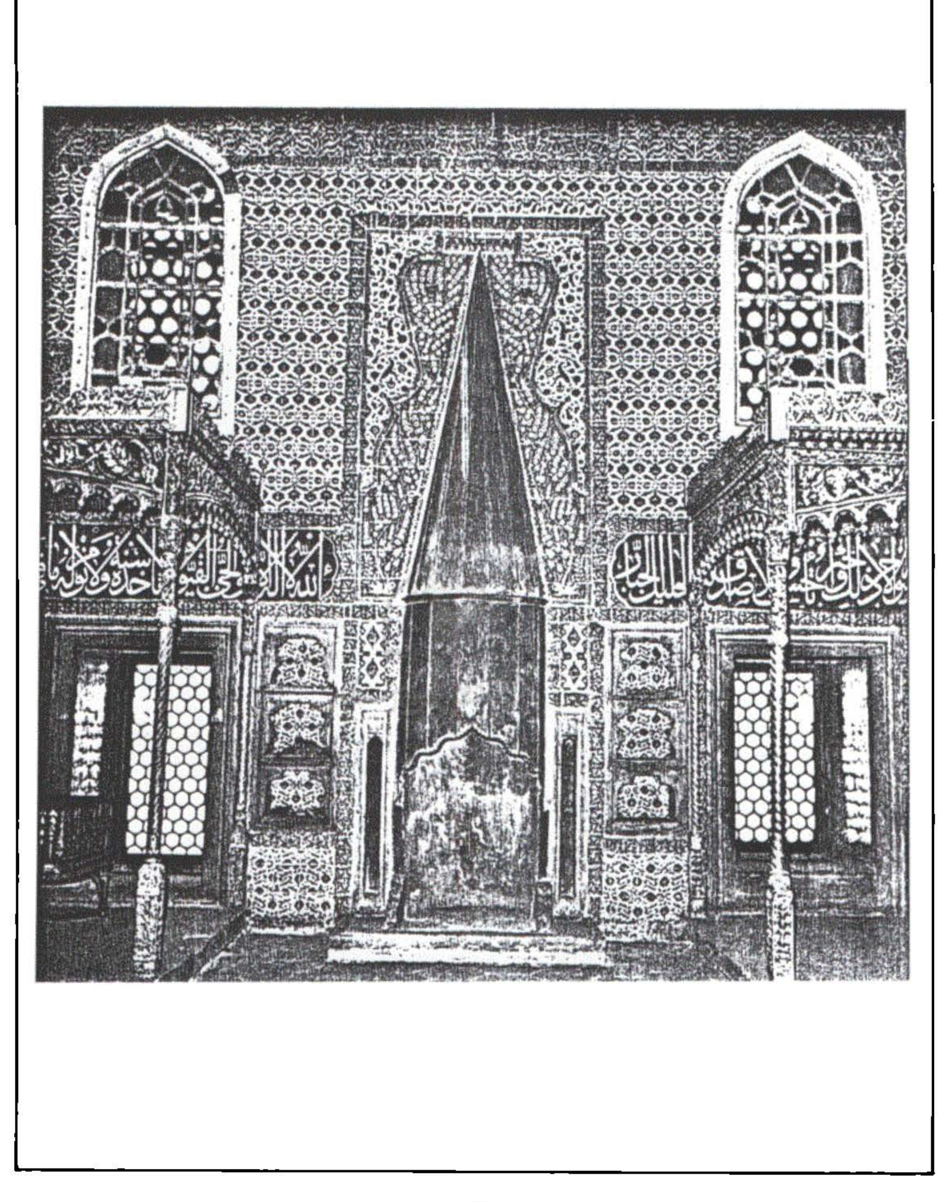
شكل (٨٧)

الشهادة بخط الثلث على بلاطات قاشاني إزنيك تحيط بها زخارف نباتية عند محراب مسجد السليمية بأدرنة بتركيا (من أعمال سنان باشا المعمار - القرن ١٠ هـ = ١٦م)



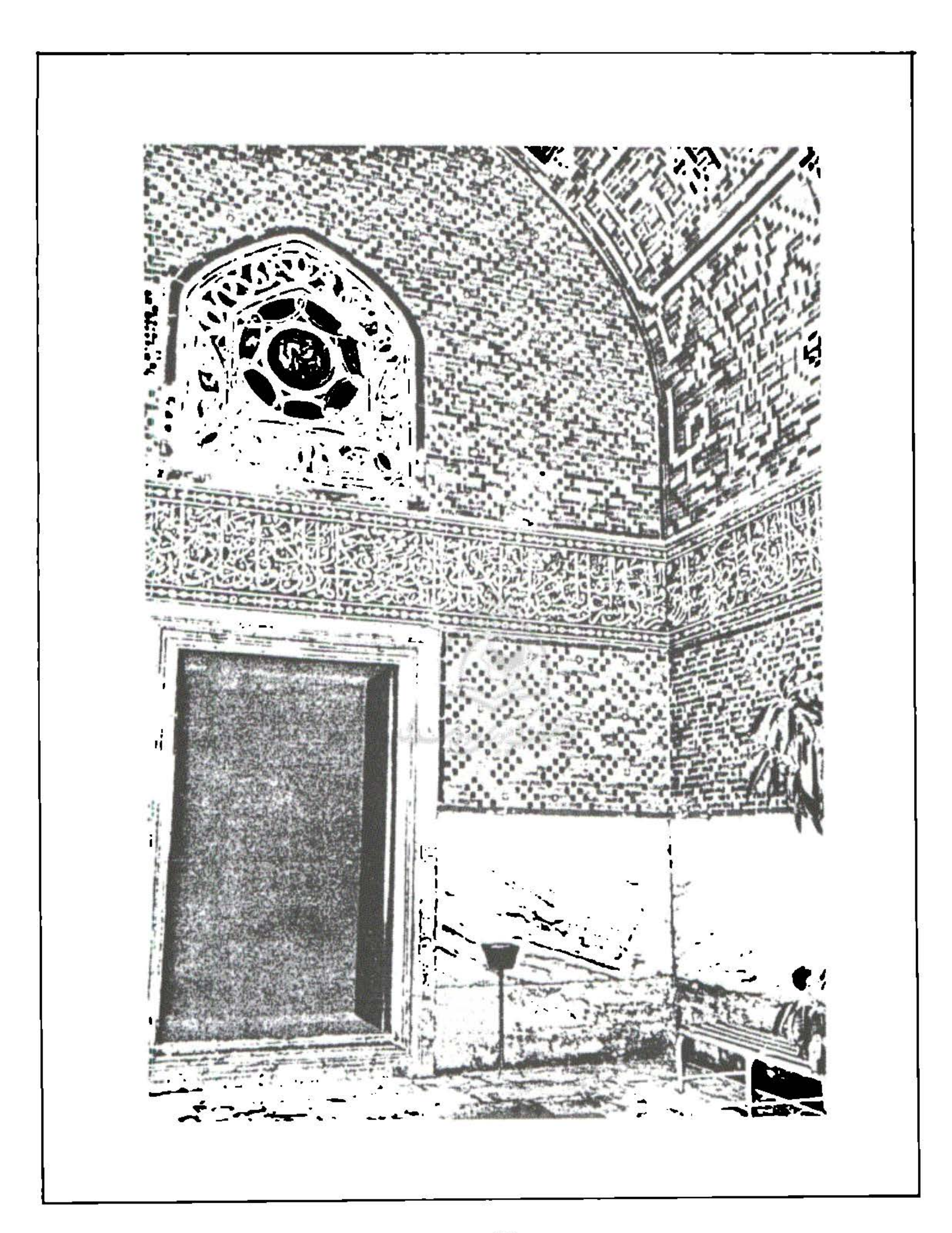
شكل (٨٨)

لوحة كتابة عربية تتصدر زخارف نباتية على بلاطات قاشاني - من ضريح زوجة سليمان القانوني بتركيا - من القرن ١٠ هـ = ١٦ م.



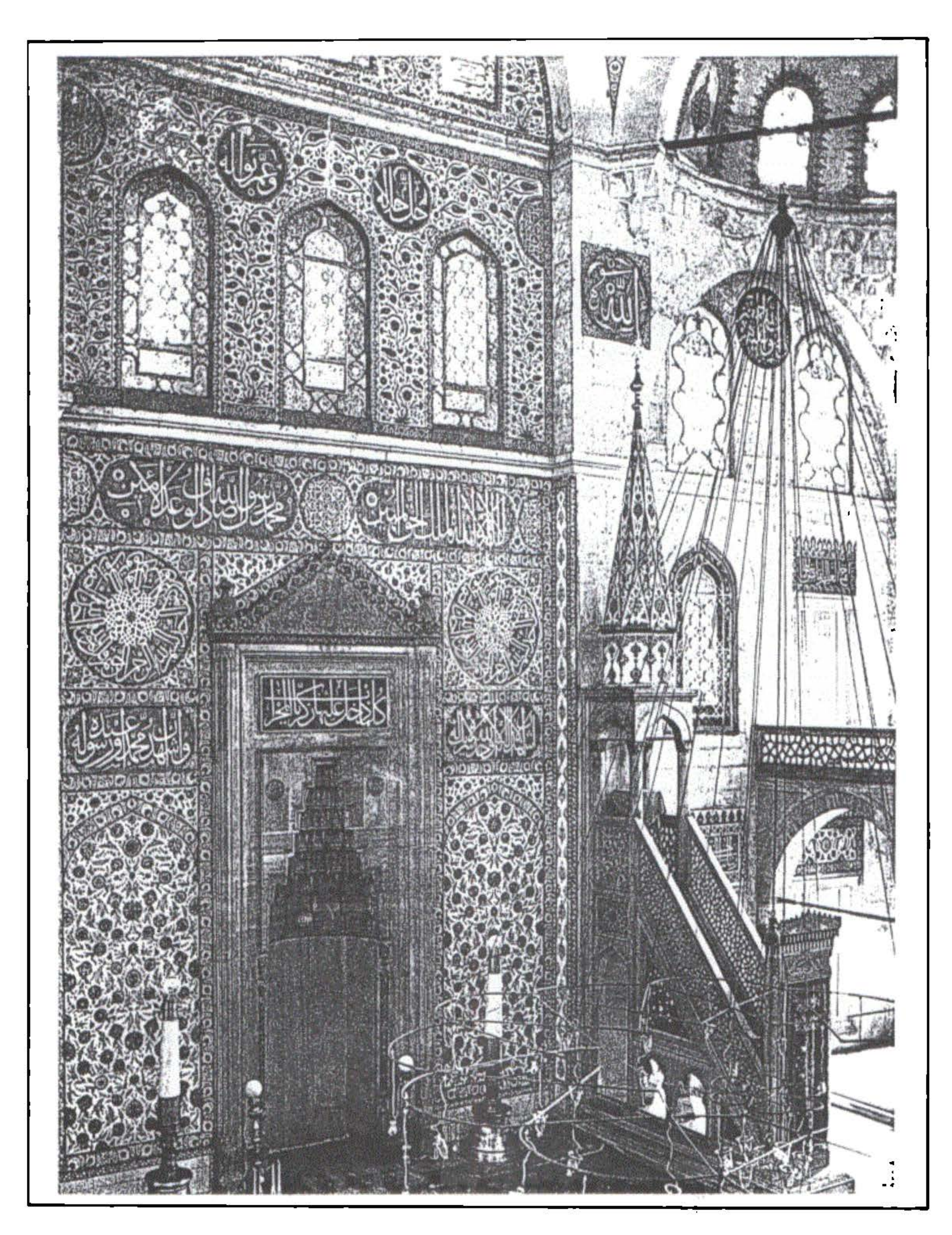
شكل (٨٩)

نصوص قرآنية بخط الثلث تتوسط زخارف نباتية على بلاطات قاشاني من غرفة نوم السلطان مراد الثالث باستانبول.



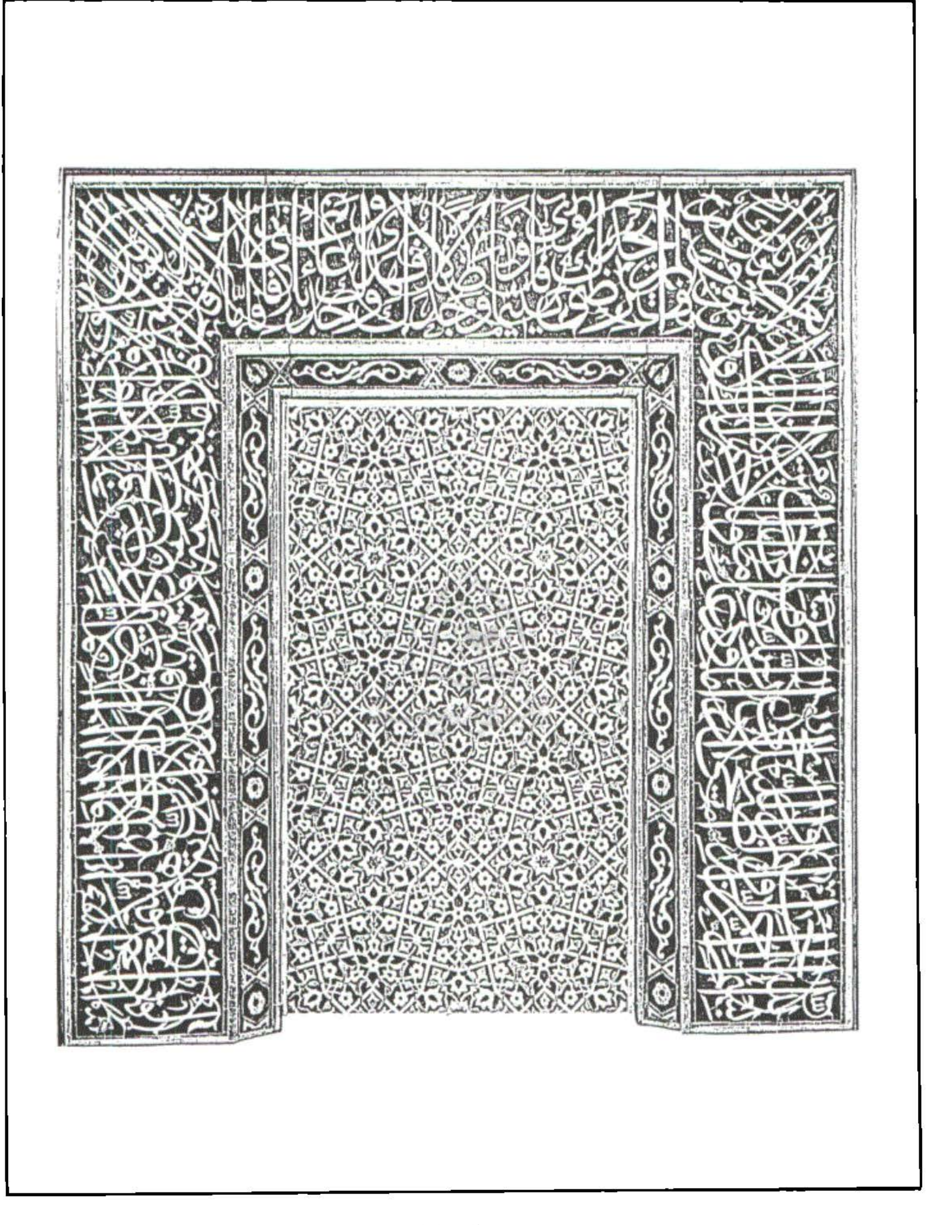
شكل (٩٠)

استخدام الخط العربي كعنصر جمالي وسط زخارف هندسية على بلاطات قاشاني في مدخل «الكشك» باستانبول من عهد السلطان محمد الفاتح.

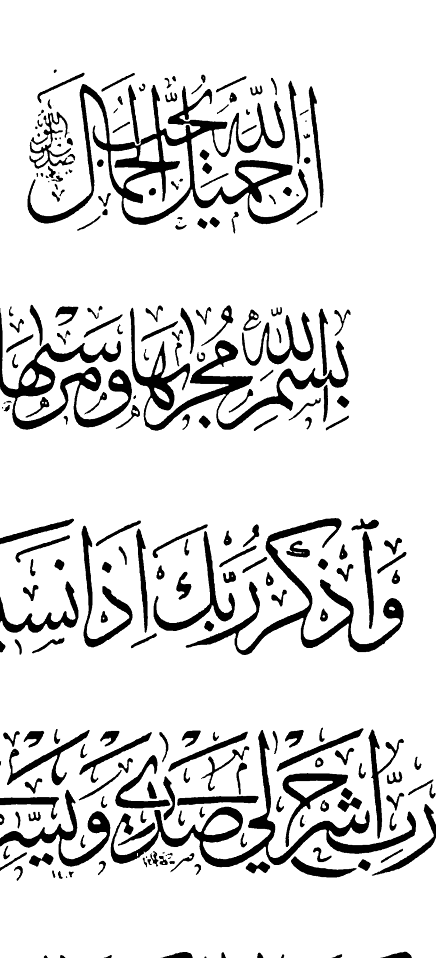


شكل (٩١)

محراب مسجد سوكوللو محمد باشا باستانبول، ويزدان بمجموعة من اللوحات الخطية وسط بلاطات الزخارف النباتية.



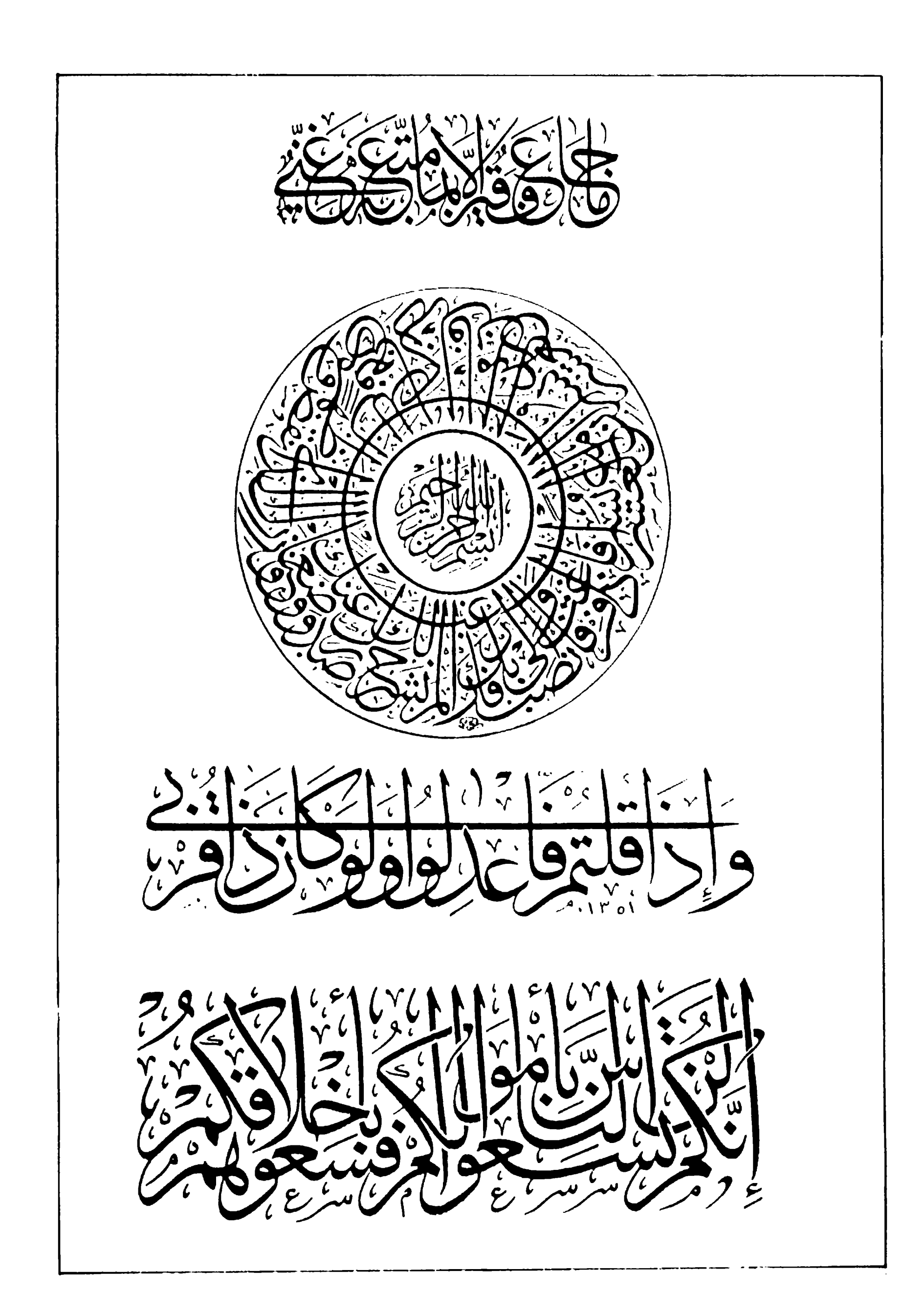
شكل (٩٢)
محراب مُزيّن بزخارف هندسية ونباتية تحيط بها كتابة بخط الثلث «سورة الضحى، وآية من سورة الانعام» ـ من ايران في القرن ٩ هـ = ١٥ م.





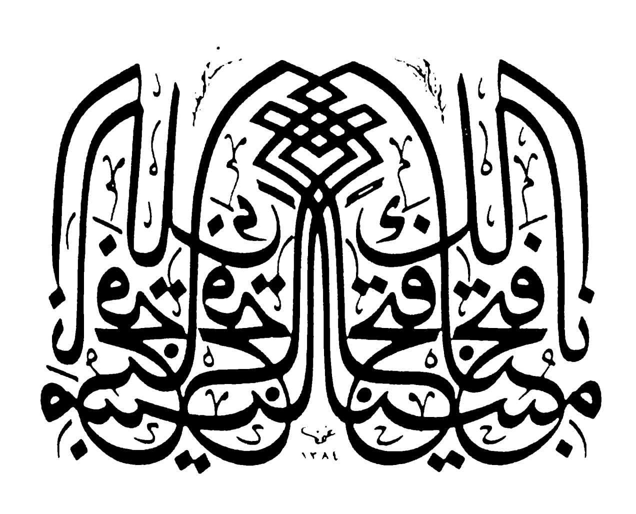
شكل (٩٣)

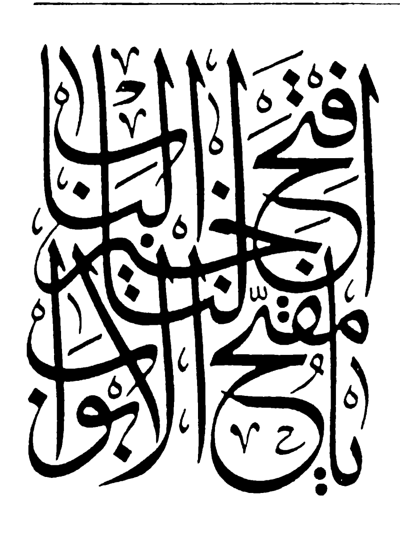
نماذج من جماليات خط النسخ وخط الثلث.

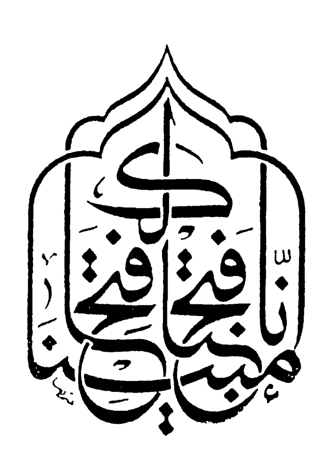


شكل (٩٤)

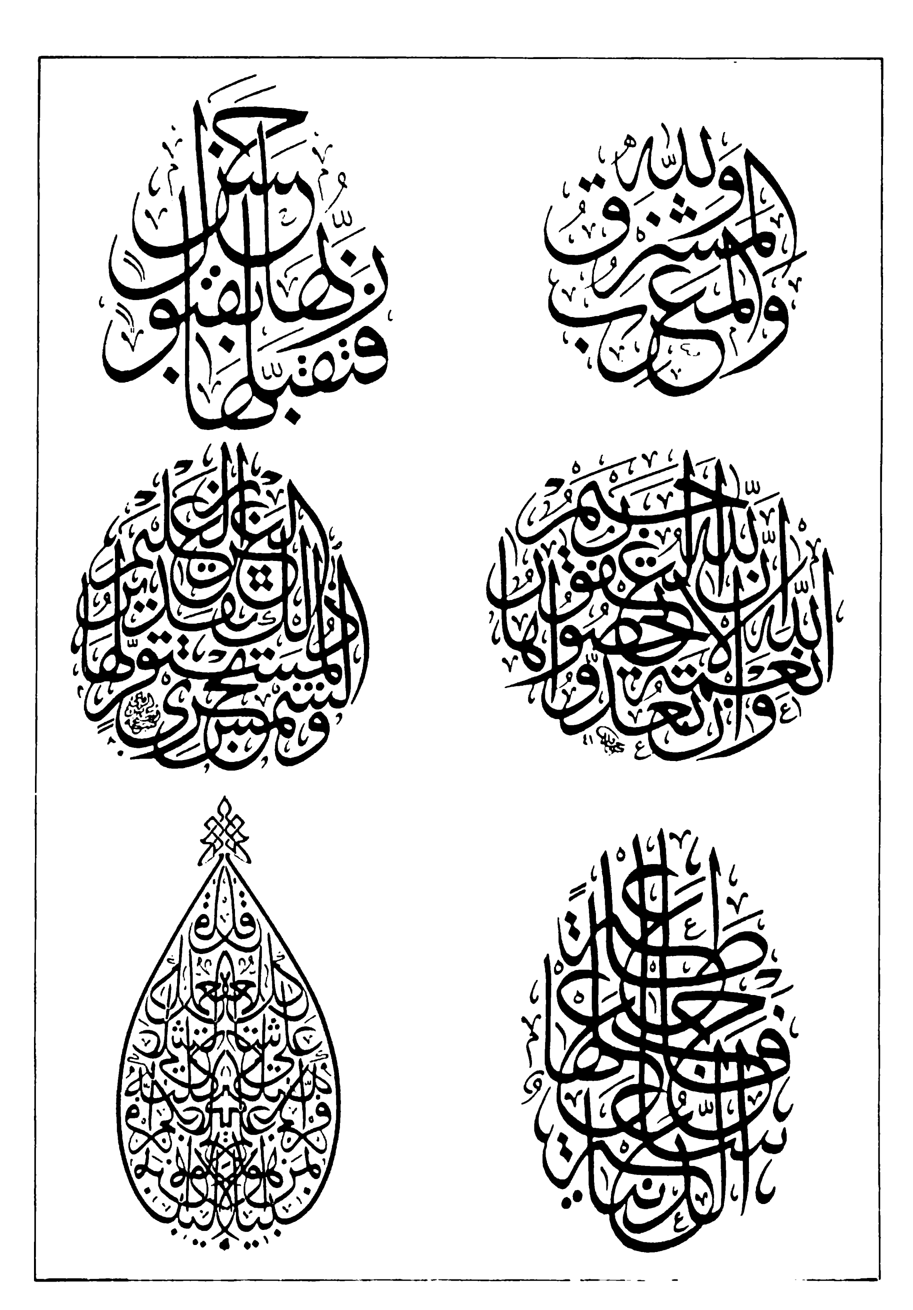
نماذج من جماليات خط النسخ وخط الثلث.





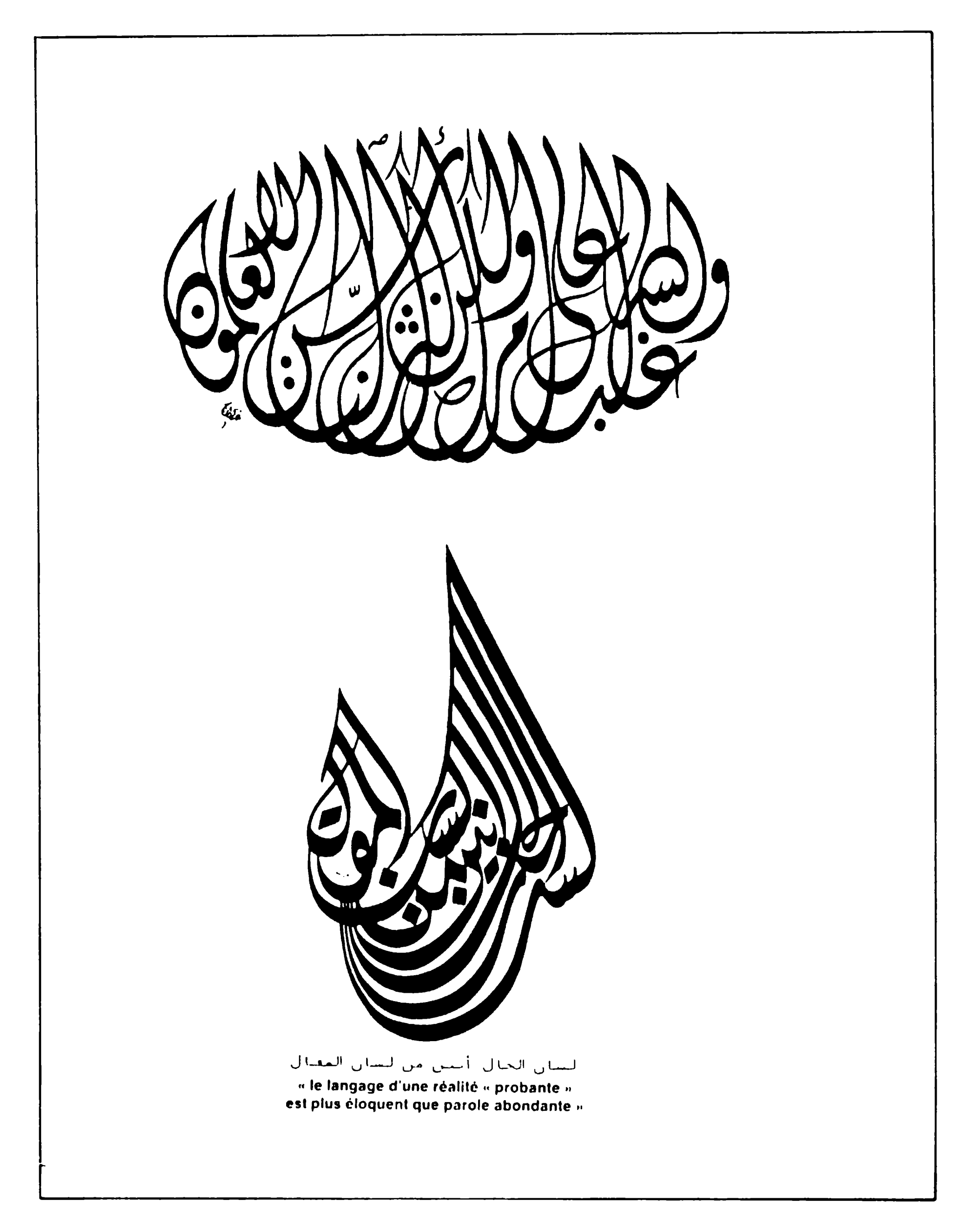


شكل (٩٥)
نماذج لتماثل اطار التكوين وتعاكس الكتابة.



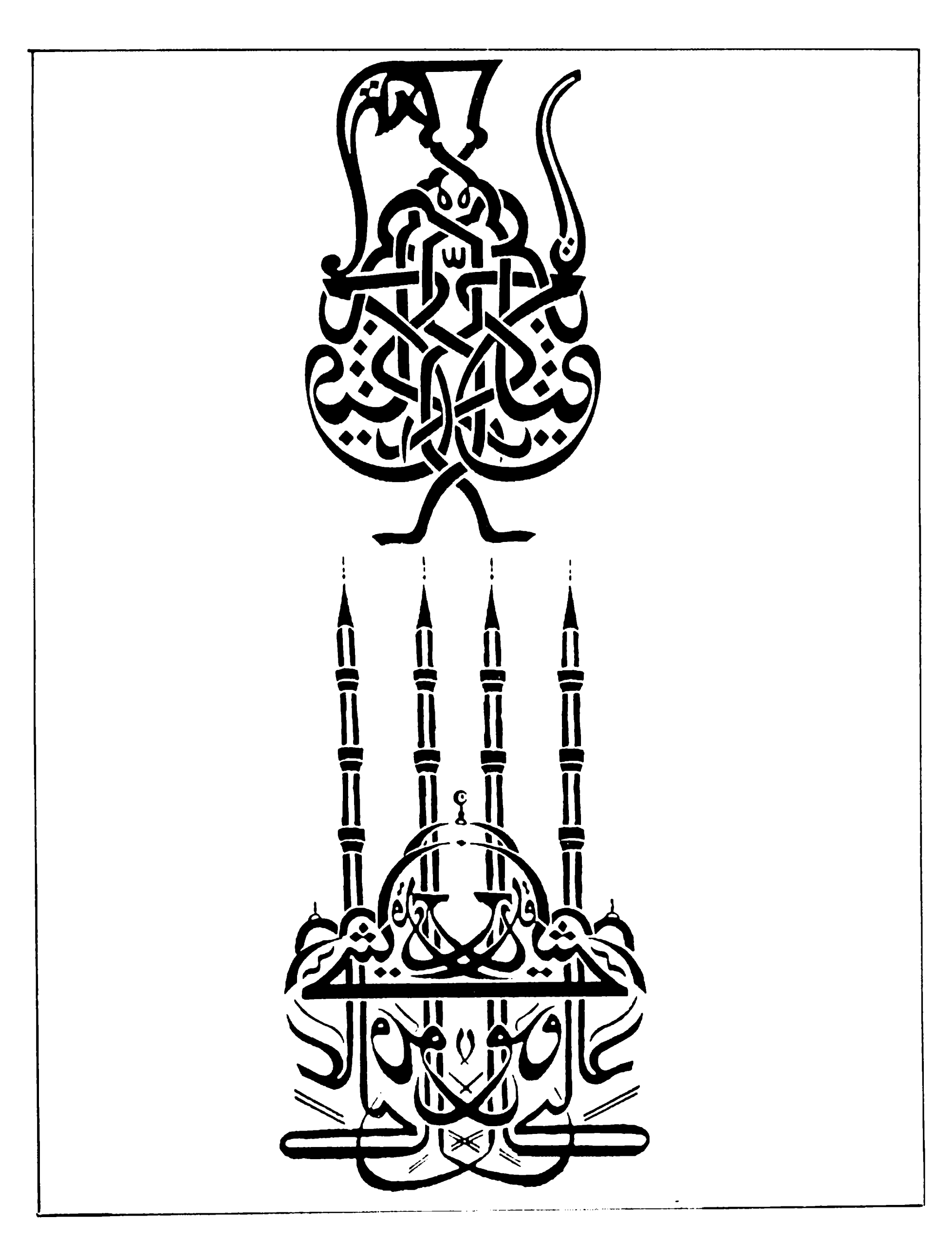
شكل (٩٦)

أمثلة لتكوينات خطية داخل أطر متماثلة حول محور.

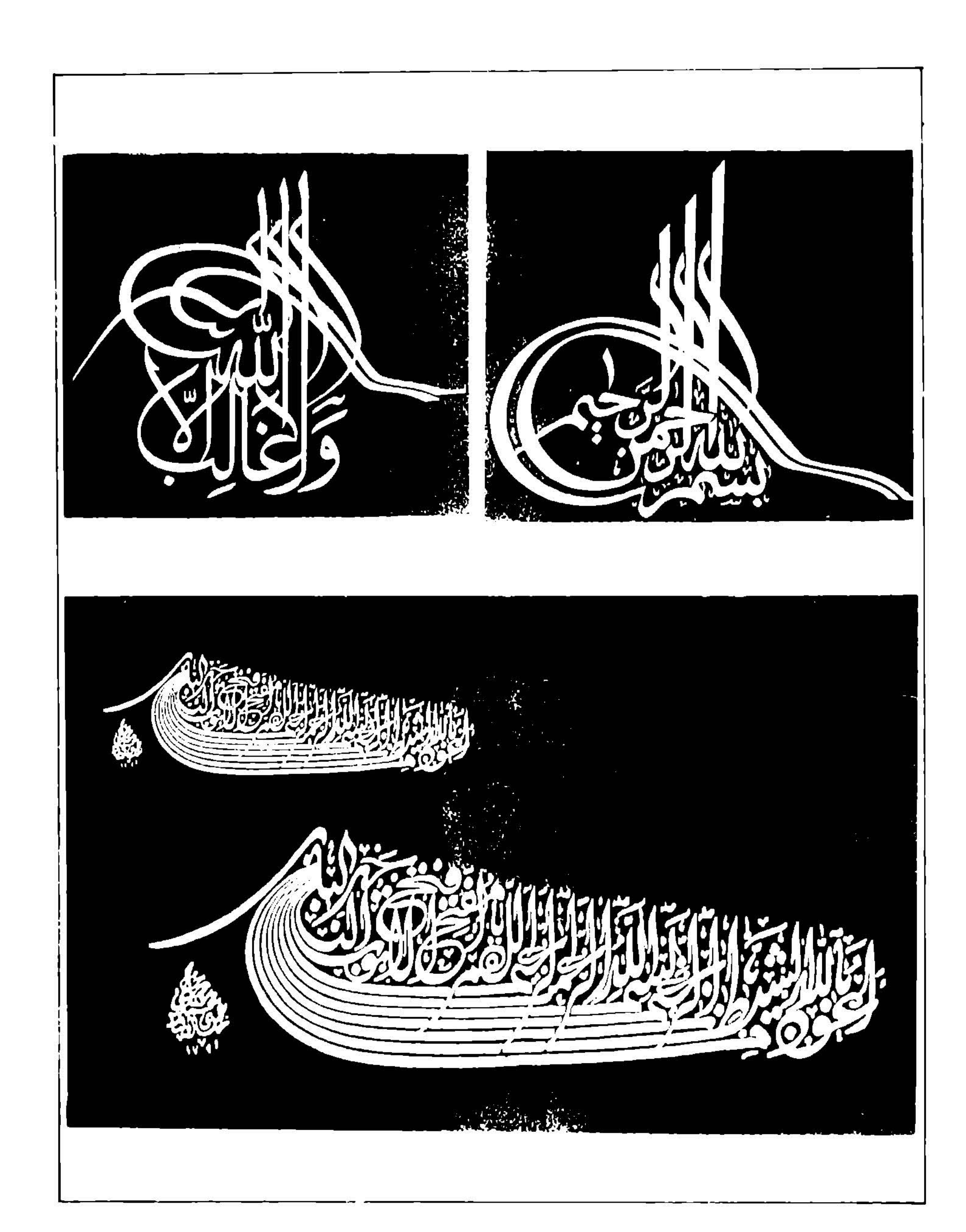


شكل (٩٧)

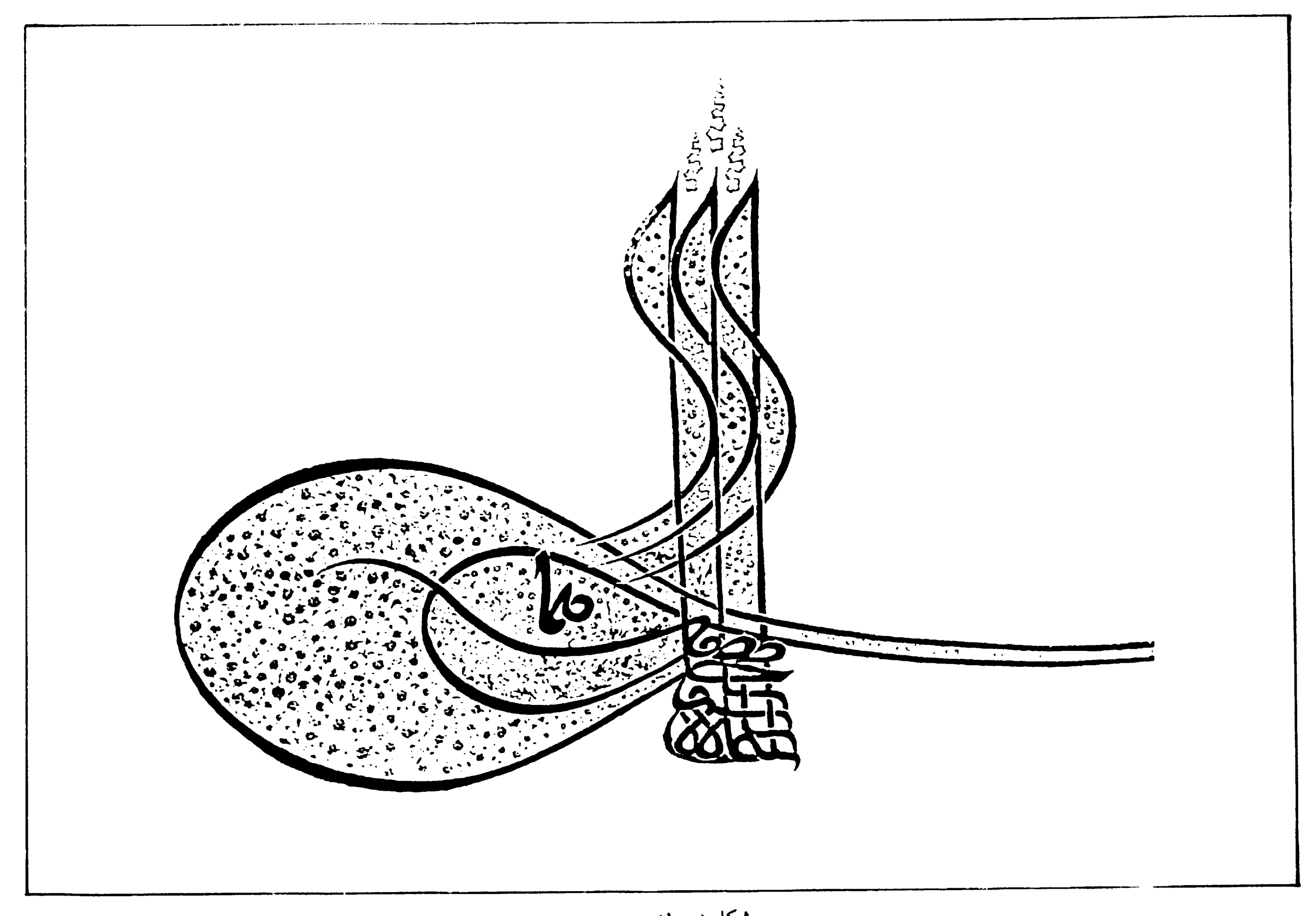
مثالان لجماليات التكوينات الخطية : الأول في اطار إهليلجي «متماثل»، والثاني في إطار غير متماثل.



شكل (٩٨)
تطويع الخط العربي ليكّون أشكالا معينة .

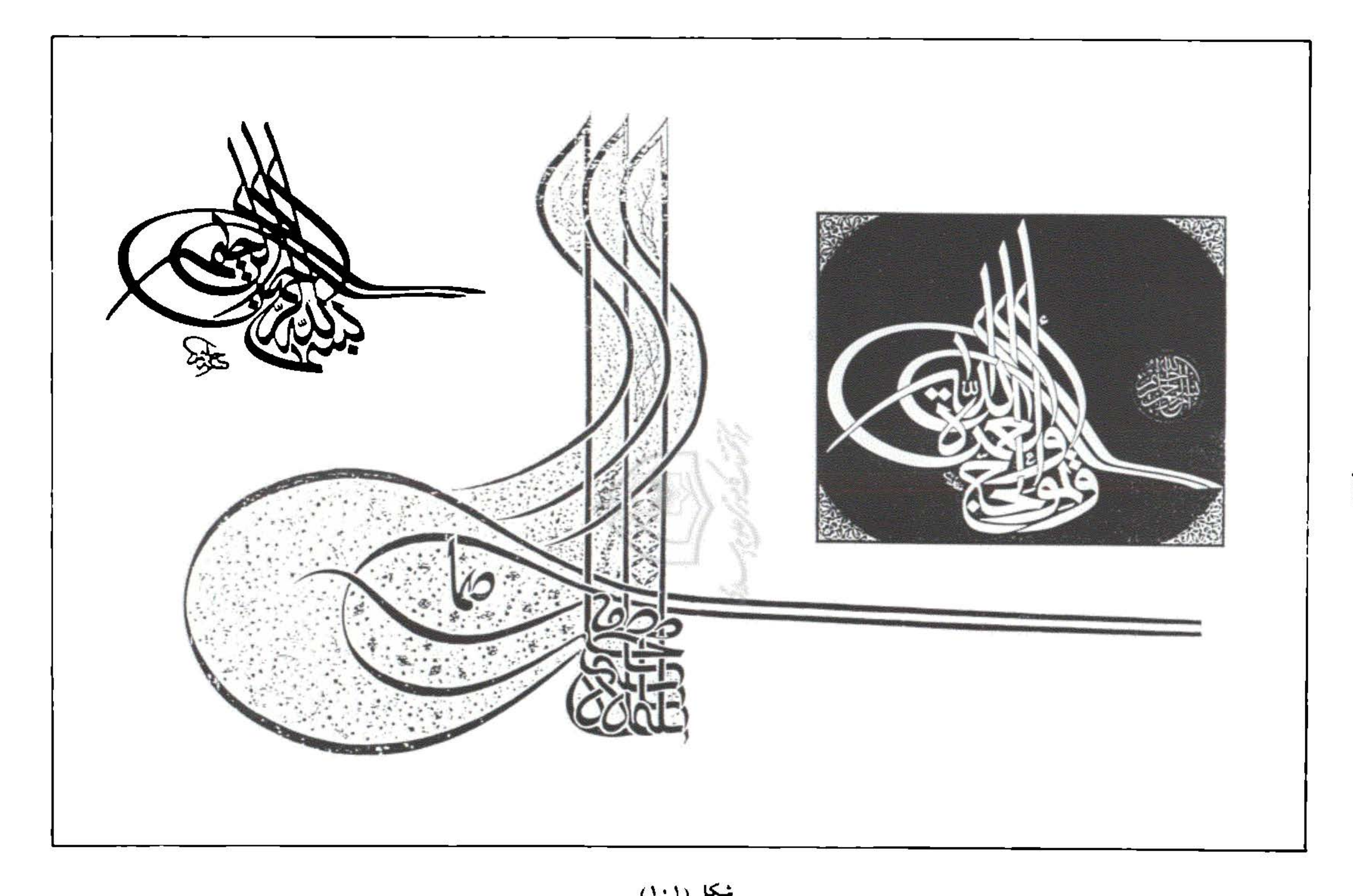


شكل (٩٩)
تكوينات خطية تتميز بتوازي مجموعة خطوط ممتدة.



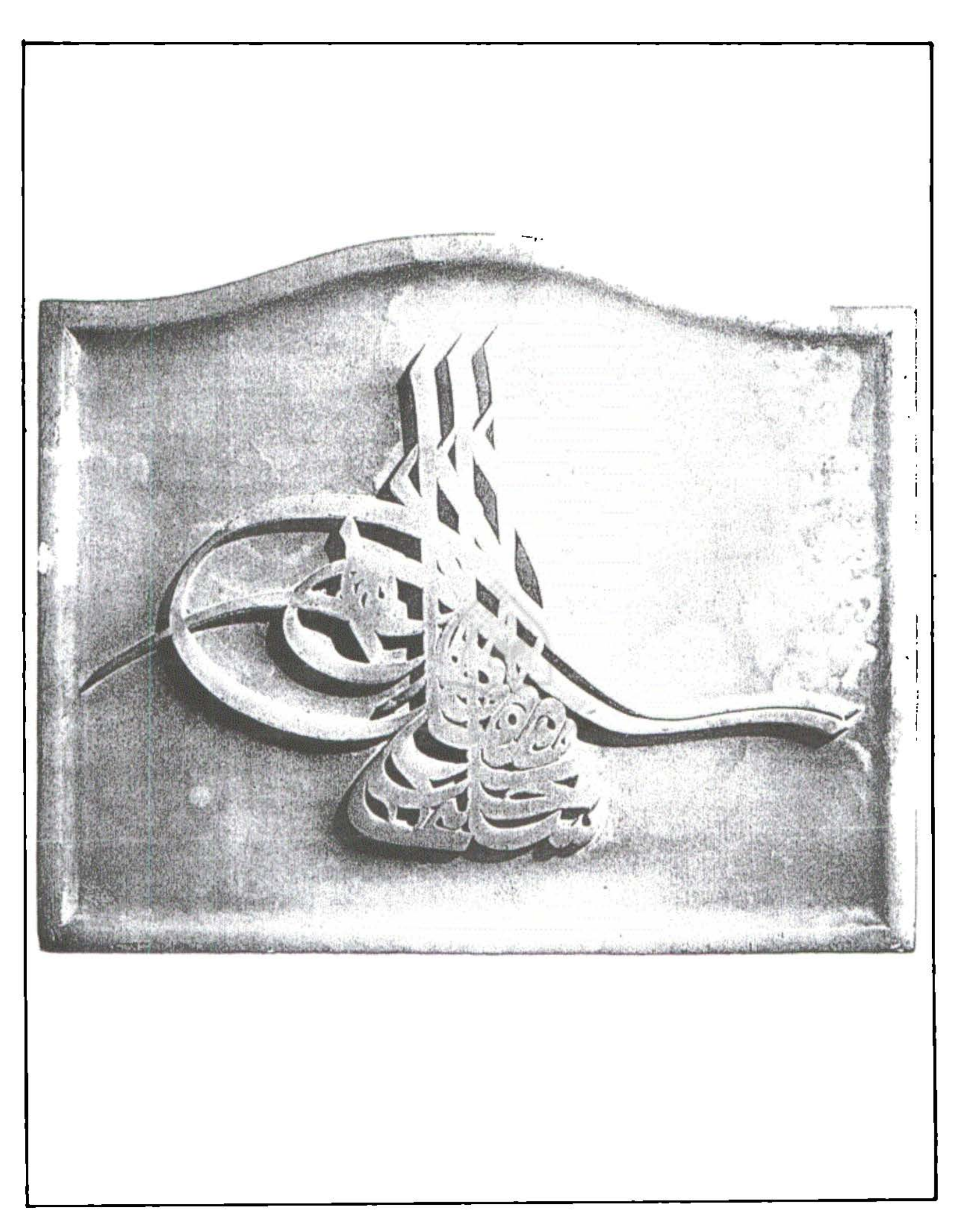
شكل (١٠٠)

وقفنامة «وثيقة وقف» تحمل طغراء السلطان مصطفى الأول بتركيا ـ من القرن ١١هـ = القرن ١٧ م.



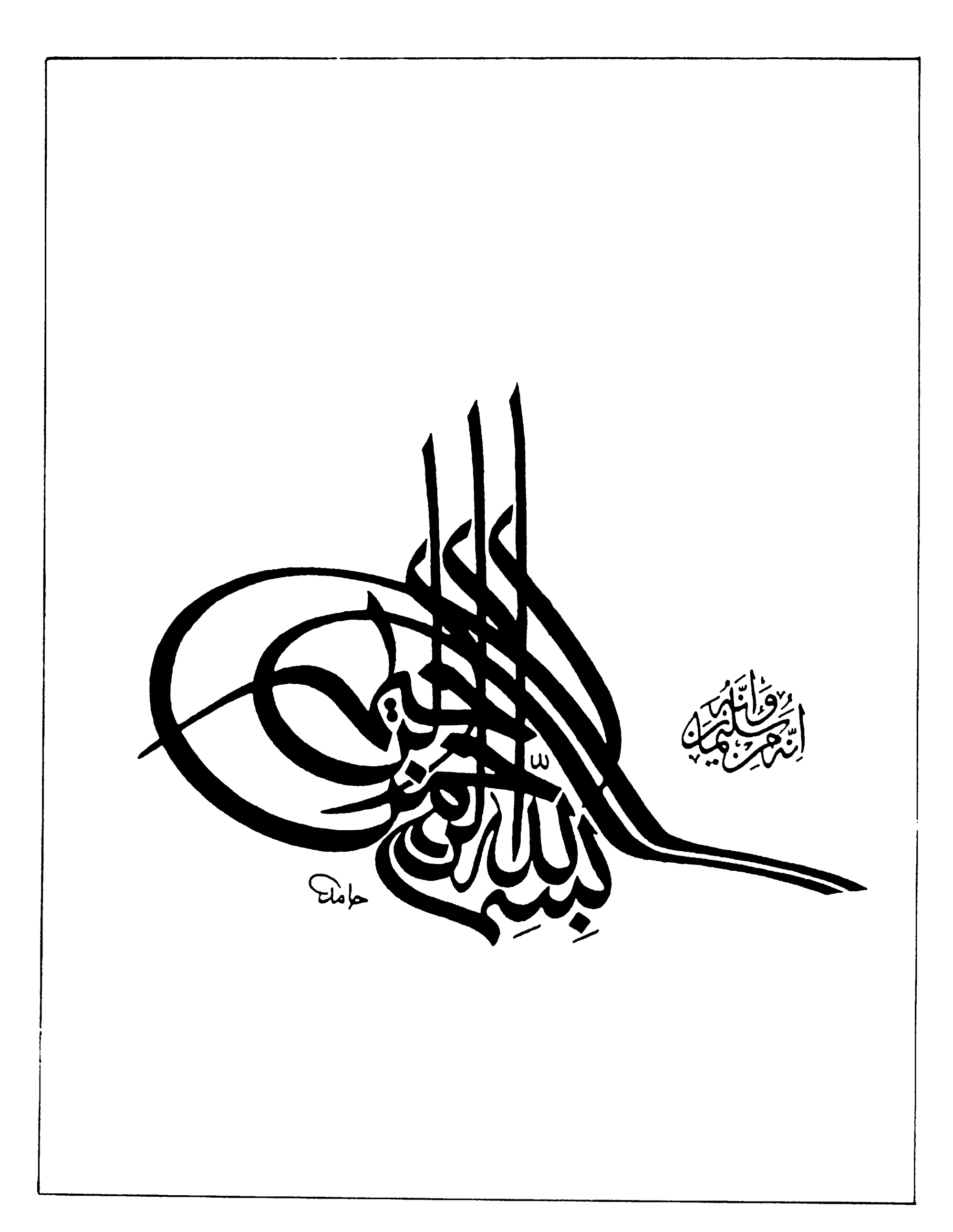
شكل (١٠١)

أمثلة لنوع الكتابة المسمى بالطُغراء. ويُستعمل لكتابة الوثائق الهامة الصادرة من الحاكم.



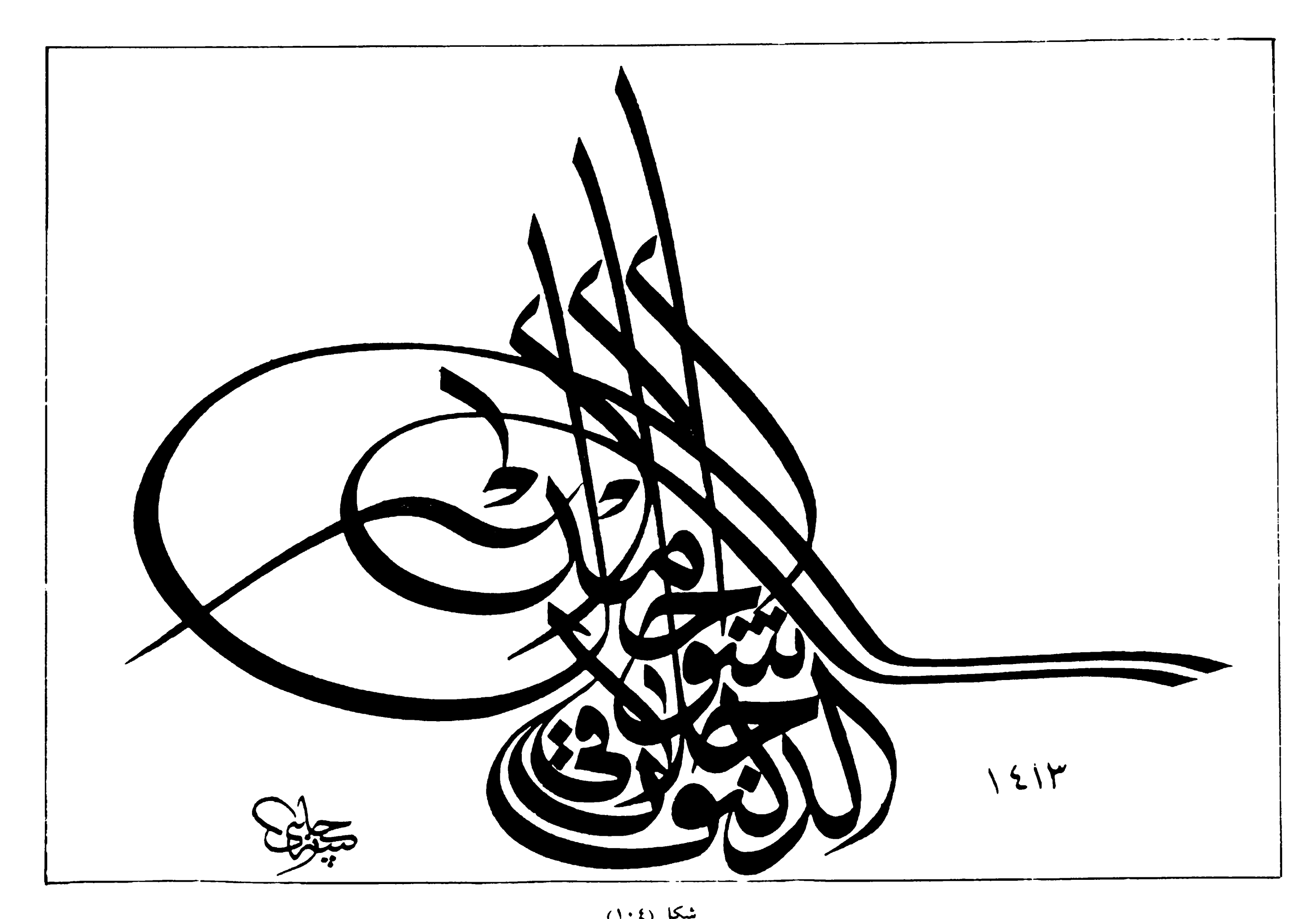
شكل (١٠٢)

طغراء منحوت لختم السلطان سليم الثالث بتركيا ـ من مطلع القرن ١٣ هـ = القرن ١٩ م.



شكل (١٠٣)

البسملة كما كتبها الخطاط المعاصر حامد الآمدي في استانبول على نمط رسم الطغراء.



شكل (١٠٤)

اسم مؤلف الكتاب «الدكتور جلال شوقي احمد شوقي» كما كتبه الخطاط التركي المعاصر حسن جلبي سنة ١٤١٣ هـ = ١٩٩٢م على نمط الطغراء.

٤, ٢, ٦, ١ ـ القناديل والثريات

وتتركب في أغلب الأحيان من مجسّمات منتظمة وأسطح مستوية وبارزة، عليها زخارف هندسية ونباتية (راجع شكل ٦٢ على سبيل المثال).

أهمية توثيق سمات العمارة الإسلامية

لاشك ان العمارة الاسلامية قد اتخذت لنفسها منذ القرن الاول الهجري «السابع الميلادي» منحى خاصا بعد بها عن الطابع المعماري البيزنطي، وانفردت بسمات خاصة امتدت على طول أرض الاسلام وعرضها، ومن النماذج العديدة والانجازات الرائعة في العمارة الاسلامية ما اندثر، ومنها ما يزال يقف اليوم شاهدا على ابداع المسلمين في فن المعمار مع التزاماتهم بروح وأصول الدين الاسلامي الحنيف.

ولما كان التراث المعماري الاسلامي يشكل جانبا هاما في تاريخ العمارة، ولما كانت الشعوب المسلمة تعتز أيما اعتزاز بتراثها الاسلامي في كلياته وجزئياته، وحيث ان هذه الشعوب حريصة كل الحرص على الحفاظ على هذا التراث، كان من اللازم ان يجري حصر هذا التراث وتسجيله تسجيلا علميا وتاريخيا، وأن توفر له امكانات الدراسة المتعمقة والتحقيق الدقيق، ولعلنا نسوق هنا مثالا من دراسة وتوثيق العمائر الاسلامية، ألا وهي اعمال المستشرق الانجليزي المعروف «كِريزول» (انظر المراجع الاجنبية)، ولا شك ان الوقوف على الانجازات المعمارية الاسلامية يعد ركيزة أساسية للحفاظ على الطابع الاسلامي، بل ودعم تواصله وتطوير مكوناته.

إن أرض الاسلام تمتد من حدود الصين شرقا الى شواطىء المحيط الاطلسي غربا، فلا عجب إذن أن نرى تنوعا كبيرا في السمات المعمارية في العالم الاسلامي اليوم، كما نلفي ـ بطبيعة الحال ـ أثرا غائرا وبصمات واضحة للمعمار المعاصر على عمائر المسلمين، ولا غرو ان احد الاسباب الهامة للتأثر العميق بسمات العمارة المعاصرة هو الاتجاه الى التعامل مع الخطوط المستقيمة والأشكال البسيطة عموما، ولعل ذلك يعزي الى السعي في خفض التكلفة، وفي تقليص مدة التشييد.

تحديث معايير العمارة الإسلامية

إن الدراسة التي قدمناها في هذا البحث تشير بوضوح الى السمات الاساسية التي تتميز بها العمارة الاسلامية على غيرها من الأنماط المعمارية، ومن الجلي ان الحفاظ على هذه السمات بل والتفرد بها لاضفاء طابع اسلامي على العمائر أو على المدن سيواجه بلا ريب بزيادة التكلفة عنها للعمائر العصرية، الا ان هذه العقبة يمكن التعامل معها بتحديد وتقييس[1] وتحديث العناصر المعمارية الاسلامية: البنائية منها والجمالية.

Standardisation (1)

إن تطبيق مفهوم التوحيد القياسي على الوحدات المعمارية الاسلامية يمكن له ان يؤدي الى توحيد وتحديد وتحديث العناصر المعمارية الاسلامية، وما يصاحب ذلك من توفير أوسع لفرص اختيار العناصر مع خفض التكلفة، وبالتالي تحسين الجانب الاقتصادي في تشييد العمائر الاسلامية.

خلاصـــة

يتصدر هذه الدراسة تعريف عام «بالهندسة» حيث قسمها العلماء الأوائل قسمين هما:

١ ـ الهندسة النظرية أو الهندسة العقلية ونسميها «هندسة الأشكال»(1).

٢ ـ الهندسة الحية، أو الهندسة التطبيقية أو الهندسة العملية، ونسميها «هندسة الحركات»(2).

واذ ينتسب القسم الأول الى «العلم الرياضي» او الرياضيات، يندرج القسم الثاني تحت لواء «العلم الطبيعي» أو الطبيعيات.

ولقد رأينا من المناسب أن نبين بادىء ذي بدء «مكانة التراث العربي في تاريخ العلم»، وموقع هذا التراث على خريطة الحضارات، ثم أردفنا ذلك بالاتجاهات والمناحي المختلفة لتقسيم العلوم عند الأوائل، ذلك كله قبل أن نعرض بتفصيل «للأصول الهندسية» (هندسة إقليدس)، وبيان فضل علماء العرب والمسلمين فيها، كما تناولت الدراسة علم الأكر، وعلم المخروطات (قطوع المخروط)، كذا علم مساحات سطوح الأشكال المستوية والأشكال المجسمة، وحساب حجوم الأجسام المنتظمة، وقد امتد اهتمام علمائنا الأوائل بالقياسات الكونية فحددوا قطر الارض وطول السنة الشمسية بدقة فائقة.

هذا وتعرج الدراسة بعد ذلك الى علم «المناظر» او علم «البصريات»، وبيان أهم انجازات علماء العرب والمسلمين فيه.

لاشك ان الحضارة الاسلامية لم تشهد تمكنا عظيما في الاشكال الهندسية فحسب، وانما كان للعرب والمسلمين قصب السبق في تطبيق هذه العلوم في مجال هندسة المعمار، حيث تميزت وتفردت العمارة الاسلامية بابتداع الاشكال والمجسمات وزخرفتها لتصبح رافدا اصيلا وعظيما لما عُرف بالرقش العربي «الأرابيك Arabes-que» نسبة الى الفن العربي.

إن الانجازات المعمارية التي واكبت الحضارة الاسلامية تسجل بما لا يدع مجالا للشك أصالة الابداعات، وجمال التكوينات، وشدة التنوع، وسعة الباع ودقة التفاصيل، وستبقى الشواهد العديدة دليلا على تفوق العرب والمسلمين في «هندسة الأشكال» وعلو كعبهم في هذا المضمار.

---

(1) Geometry

(2) Engineering

الباب الثاني

هندسة الحركات

مقدمة: تعريف بالهندسة

سبق أن أوردنا في الجزء الأول من هذا الكتاب أنه يمكن تقسيم العلوم والمعارف الهندسية ـ كما وردت في التراث العربي الاسلامي[1] الى قسمين رئيسين هما:

أولا: هندسة الأشكال

وهي في الواقع «هندسة ساكنة»، وقد أسماها الأوائل جومطريا (Geometry) نقلا عن اللفظ الاغريقي[2]، ويشتمل هذا القسم ـ فضلاً عن الأصول الهندسية ـ على التطبيقات الخاصة بمجال العمارة.

ثانيا: هندسة الحركات

أو الهندسة الحركية، وقد أسماها الأوائل «صنعة الآلات»، كذا «الهندسة الحية» و«الهندسة التطبيقية» و«الهندسة العملية»، ونعرفها اليوم بالهندسة عموما (Engineering)، وينحدر لفظ «هندسة» من أصل فارسي هو اندازه بمعنى القياس.

ولقد أفردنا لكل قسم من هذين القسمين كتاباً قائماً بذاته، وعلى ذلك فإننا سنعرض في كتابنا الحالي للقسم الثاني ألا وهو:

هندسة الحركات

تبدأ هذه الدراسة بعرض الأصول النظرية (من العلم الطبيعي) وبيان أسس علمي السكون[3] والحركة[4] (علم الميكانيكا)[5]، ثم إيراد بعض تطبيقات في قياس «الثقل النوعي»[6] مع الاشارة الى اهم سمات الموازين التي ابتكرها البيروني، وعمر الخيامي، وعبدالرحمن الخازني.

أمّا الجانب التطبيقي لهذه الدراسة فيبدأ بثبت رُوّاد «هندسة الحركات» من علماء الاغريق (بدءاً من القرن الرابع قبل الميلاد) وبيان أهم منجزاتهم، باعتبار أن تراث الاغريق كان نقطة انطلاق أساسية لمن جاء بعدهم من علماء العرب والمسلمين ممن اشتغل في مجال صنعة الآلات، ويشمل الآلات الآتية:

---

(١) راجع الجزء الأول صفحة (٩).

(٢) كذا «الهندسة العقلية» أو «الهندسة النظرية».

(٣) Statics

(٤) Dynamics

(٥) Mechanics

(٦) Specific Weight

١ ـ آلات معالجة الأثقال من شيل وجرٍّ الأثقال بالقوة اليسيرة.

٢ ـ آلات تعمل بالهواء او بالبخار أو بالغازات الساخنة.

٣ ـ آلات وأوان عجيبة تعمل بالماء، وهي حيل تعتمد على قواعد محانيقا الماء، ومنها الساعات المائية، والفوارات.

٤ ـ آلات لرفع الماء الى جهة العلو.

٥ ـ آلات لتوليد القدرة سواء من الماء المتدفق او من الريح الجاري.

٦ ـ آلات ذات أغراض متعدِّدة منها آلات تعمل من تلقاء ذاتها.

٧ ـ آلات تستخدم في أعمال الرصد من اصطرلابات وغيرها.

٨ ـ آلات تستخدم في المعارك الحربية من مرايا محرقة ومنجنيقات وعرادات ومكاحل ومدافع وقنابل وبارود.

يُذيل الكتاب بمعجم تم اعداده في هذه الدراسة بقصد جمع وشرح المصطلحات الهندسية التي وردت في المخطوطات العربية في فترة ازدهار الحضارة الاسلامية.

٢,١ ـ الهندسة الحسيّة أو العملية (التطبيقية)

٢,١٠ ـ الأصول النظرية (في العلم الطبيعي)

عرفّ ابن خلدون «الطبيعيات» وذلك في مقدمته حيث يقول:[١] «وهو علم يبحث عن الجسم من جهة ما يلحقه من الحركة والسكون. . وينظر في الأجسام السماوية والعنصرية وما يتولد عنها. . وما يتكون في الارض من العيون والزلازل، وفي الجو من السحاب والبخار والرعد والبرق والصواعق وغير ذلك، وفي مبدأ الحركة للاجسام. . .».

فالحركة هنا تفيد التغير والتولد في أعم صوره، وهذا يشمل بالطبع سكون الاجسام من حيث موضعها، وحركة الاجسام من حيث قطعها للمسافة وانتقالها من موضع وحال الى موضع وحال آخر، ومن ثمَّ فإنَّ الدراسات الخاصة بالميكانيكا (علمي السكون والحركة) تنضوي تحت لواء العلم الطبيعي فيُبحث عنها في كتب الفلاسفة والعلماء على حدٍّ سواء من أمثال يعقوب بن اسحق الكندي، وأبي بكر الرازي، وإخوان الصفا، والحسن بن الهيثم، والشيخ الرئيس ابن سينا، وأبي الريحان البيروني، وبهمنيار بن المرزبان، وابن ملكا البغدادي، والامام فخر الدين الرازي، والمحقق نصير الدين الطوسي، ونجم الدين الكاتبي القزويني.

---

(١) طبعة دار الفكر، صفحة ٤٩٢.

٢,١١ ـ علم السكون (الاستاتيكا)

ترد أقدم النصوص عن علم السكون في كتابات أفلاطون (٤٢٧ ـ ٣٤٧ ق.م.)، حيث يقول في كتابه الموسوم تيمايوس (Timaios or Timaeus) : «علم الاستاتيكا هو علم وزن الثقيل والخفيف، فإن الجسم يكون في حالة اتزان عندما تؤثر عليه قوتان متضادتان، تماما كما يحدث للميزان عندما يتساوى ثقلا كفتيه».

ومن هنا جاءت تسميته «بعلم الاثقال» وترجع فكرة مركز الثقل «النقطة التي يمكن اعتبار وزن الجسم مركزا عندها» للعالم الاغريقي أرشميدس Archimedes (٢٨٧ ـ ٢١٢ ق.م.)، واليه يرجع الفضل في مبدأ العتلة او الرافعة، كذا فكرة الثقل النوعي.

القوة الطبيعية (قوة التثاقل)

عرف علماء العرب والمسلمين قوة التثاقل الناشئة عن جذب الأرض للأجسام، واطلقوا عليها تسمية «القوة الطبيعية» كذا «الميل الطبيعي»، وأدخلوها في اعتبارهم في دراسة الاجسام المتحركة سواء كانت هذه الحركة طبيعية ام قسرية.

يقول أبو الفتح عبدالرحمن المنصور الخازني (كان حيا سنة ٥١٥ هـ = ١١٢١م) في كتابه «ميزان الحكمة»:

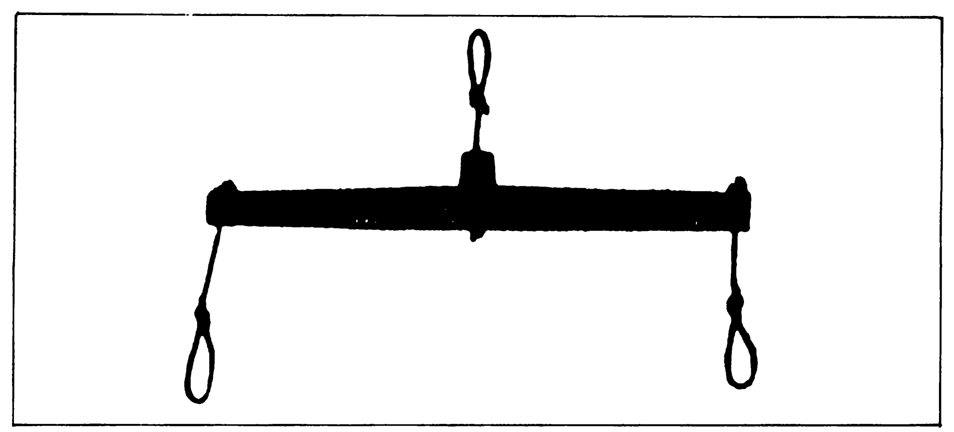
«إن الأجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الأرض، وإن اختلاف قوة الجذب يرجع الى المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز».

يبين من هذا النص وقوف علماء العرب والمسلمين على ظاهرة الجاذبية الأرضية، إذ أنهم وعوا تماما القوة الطبيعية او قوة التثاقل، وفرقوا بينها وبين القوة القسرية.

الميزان العادي وميزان القبّان

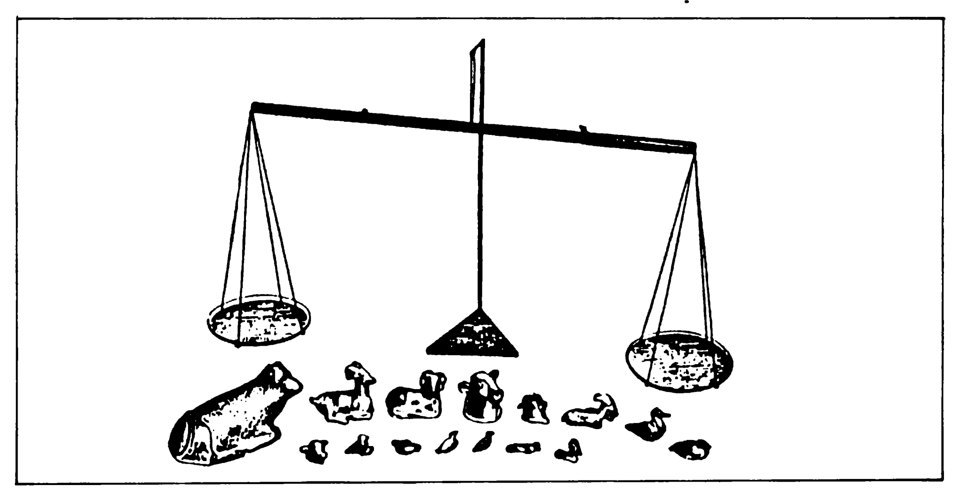
لعله من المناسب هنا ونحن في معرض الحديث عن تقدير قوة التثاقل ان نتطرق أولا الى بيان تطوُّر فكرة الوزن، وما هي في الواقع إلاّ ترتيب قوتي تثاقل متعادلتي الأثر، ويرجع تاريخ وقوف الانسان على فكرة الميزان العادي ذي الكفتين والذراعين المتساويتين الى عهد سحيق، ربما إلى حوالي ٤٥٠٠ سنة قبل الميلاد، شكل (١)، كذلك تم اكتشاف ميزان عادي ذي كفتين وأوزان قياسية في حفريات تَلِّ العمارنة بمصر، ويرجع تاريخ هذه الآثار الى حوالي ٢٥٠٠ قبل الميلاد، شكل (٢)، كما وردت صور الميزان في كتاب الموتى، شكل (٣)، وظهرت ايضا على جدران المعابد والمقابر في مصر القديمة، شكل (٤).

أمـا فكـرة ميزان القبـاًن فيبـدوا أنها ظهرت أول ما ظهرت عند الرومان الذين اطلقوا عليه تسمية «القرسطون»[١] ، شكل (٥)، وتقوم فكرته على أساس مبدأ الرافعة حيث تتكافأ قوة يسيرة مسلطة عند نهاية ذراع طويلة، مع قوة كبيرة أو جسم ثقيل عند نهاية ذراع قصيرة، وهذا تطبيق مباشر لمبدأ الاتزان الساكن (الاستاتي)[٢] ، ومن الواضح ان ميزان القبان يصلح بوجه خاص في تعيين الأثقال الكبيرة.



شكل (١)

ميزان بدائي من مصر القديمة منذ عصر ما قبل التاريخ (حوالي ٤٥٠٠ ق.م.).



شكل (٢)

ميزان وأوزان قياسية (على هيئة طيور وحيوانات) من حفريات تل العمارنة بمصر، ويرجع تاريخها إلى حوالي ٢٥٠٠ ق.م.

---

(١) Steelyard Balance .

(٢) Static .

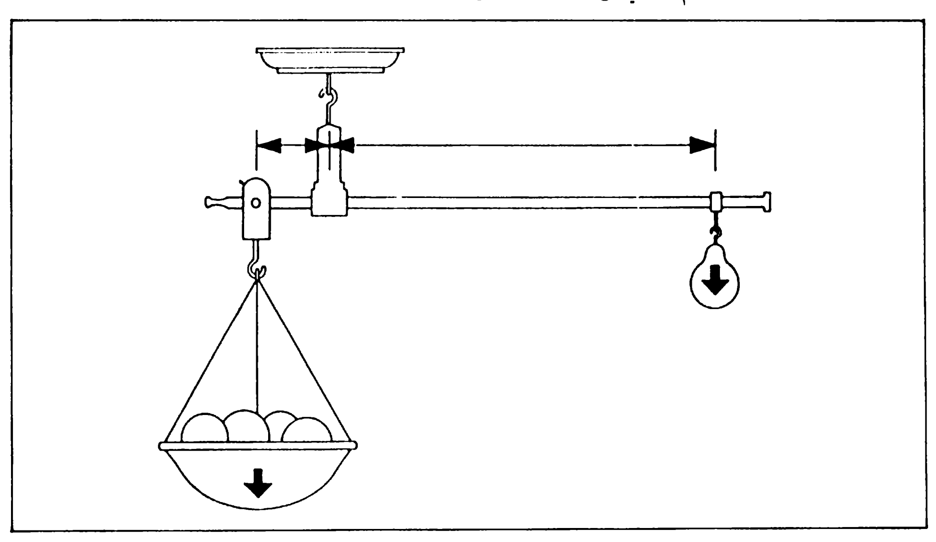


شكل (٣)

مشهد الحساب في كتاب الموتى من الحضارة المصرية القديمة، حيث يجري وزن القلب بريشة تمثل الحق او الصدق وذلك في حضور الآلهة القضاة الاثنين والاربعين، ويرجع ذلك الى حوالي القرن ١٤ ق.م.

شكل (٤)

رسم جداري من طيبة بصعيد مصر يبدو فيه الضبط الدقيق للميزان .



شكل (٥)

فكرة ميزان القبَّان : (قوة يسيرة × ذراع طويلة = قوة كبيرة × ذراع قصيرة) .

قياسات الثقل النوعي

الثقل النوعي

أخذ العرب فكرة الثقل النوعي عن أرشميدس، وعرّفوها بأنها النسبة بين وزن حجم معين من المادة الى وزن نفس الحجم من الماء.

ولقد أبدع المسلمون في تعيين القيم العددية للثقل النوعي مستخدمين أنواعا مختلفة من الموازين، وإنه على الرغم من بعد الشقة بيننا وبينهم، وبدائية الآلات والاجهزة التي استعملوها في قياساتهم، الا ان درجة الدقة التي توصلوا اليها في تجاربهم تدعو ـ بغير شك ـ إلى الاعجاب والتقدير، وفي بعض الحالات الى الانبهار من قرب قياسات علماء العرب والمسلمين من القيم التي أقرتها المجامع العلمية في عصرنا الحالي، ونعرض فيما يلي لبيان بعض الاجهزة ونتائج القياس بها.

موازين الثقل النوعي

ـ الميزان الطبيعي[1]

لأبي بكر محمد بن زكريا الرازي (حوالي ٢٥٠ ـ ٣١٣هـ) = (٨٦٤ ـ ٩٢٥م) وهو ميزان ذو كفتين على الهيئة الطبيعية، كفتّاة خارجتان عن الماء، وكلتاهما مملوءتان مترعتان، ونقصان الماء من كل كفة منهما بقدر مساحة الجرم[2] الذي فيها، شكل (٦).

الآلة المخروطة[3]

لأبي الريحان محمد بن احمد البيروني (٣٦٢ ـ ٤٤٣هـ) = (٩٧٣ ـ ١٠٥١م) وهي آلة مخروطة الشكل، واسعة القاعدة، ضيقة الفم بعد عنق ممتد بذلك الضيق من البدن الى الفم، وثبت في أوسط هذا العنق بالقرب من أسافله ثقبة صغيرة مدورة، وألحمت عليها بقدرها انبوبة منكوسة الوضع، رأسها إلى جهة الأرض، وتحت هذا الرأس كالحلقة لوضع كفة الميزان عليها وقت العمل، وتعتبر هذه الآلة اقدم جهاز لقياس الثقل النوعي بدقة، شكلا (٧)، (٨).

وتتلخص طريقة البيروني في وزن المادة المطلوب تعيين ثقلها النوعي، وذلك قبل ادخالها في الآلة المخروطة ـ التي تكون قد ملئت بالماء حتى غاية مصبها ـ فتزيح المادة المولجة قدرا من الماء مساو لحجمها، حيث يفيض هذا الحجم المكافىء من الماء، ويخرج من المصبّ حيث يُجمع في كفة ميزان لايجاد وزنه، ويجري

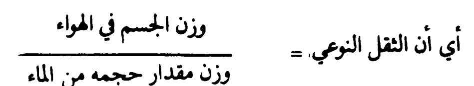
---

(١) عن كتاب «ميزان الحكمة» لعبد الرحمن الخازني، طبعة دائرة المعارف العثمانية بحيدر أباد الدكن بالهند، سنة ١٩٣٨م، صفحة ٨٣.

(٢) يقصد حجم الجسم المغمور.

(٣) كتاب «ميزان الحكمة» للخازني، صفحتا ٥٨، ٥٩.

حساب الثقل النوعي بتحديد النسبة بين وزن المادة المختبرة، ووزن كمية الماء المزاحة نتيجة ادخال المادة المختبرة في الآلة المخروطة



حلقة ثابتة

صورة الميزان الطبيعي لمحمد بن زكريا الرازي

ا ج ب

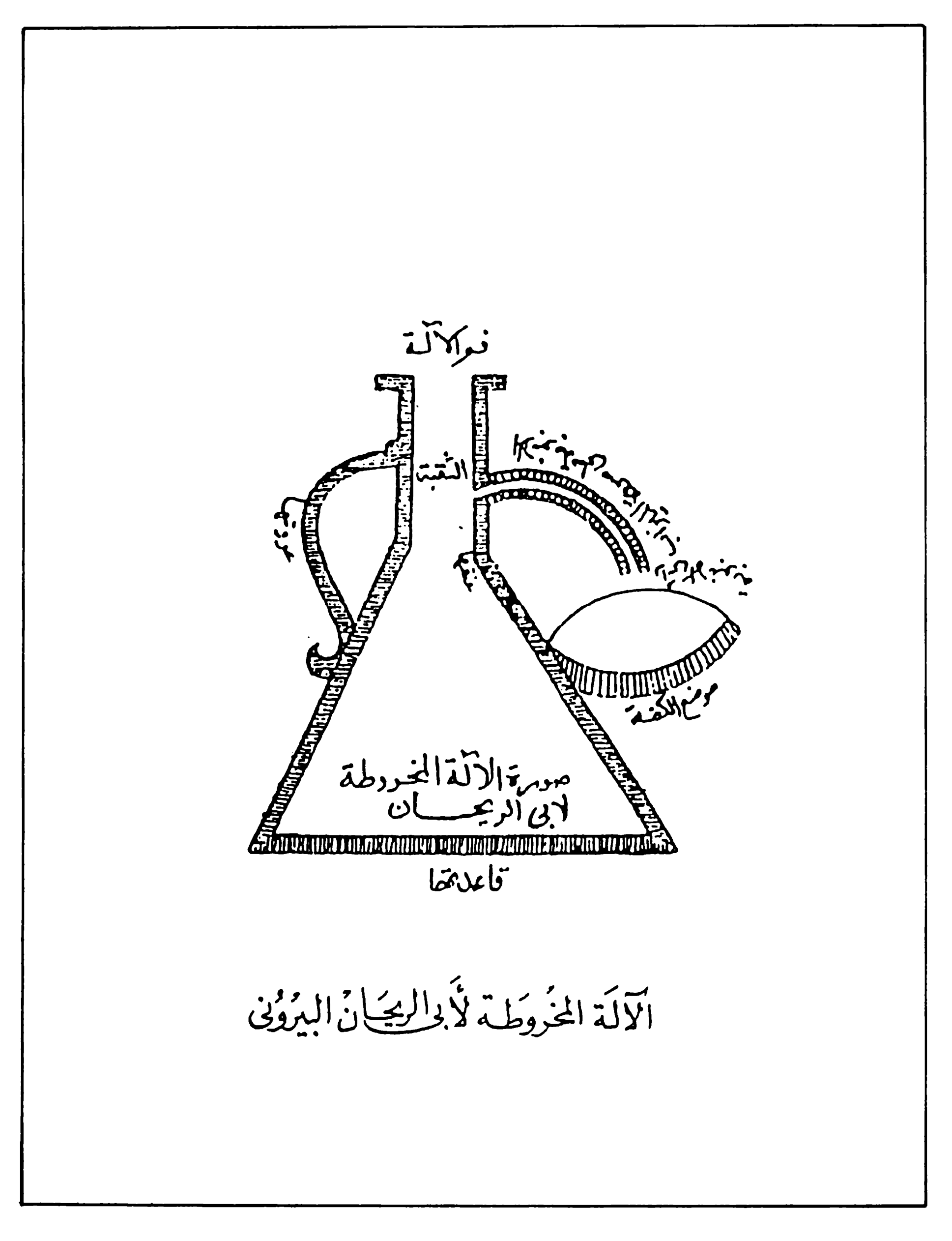
اذا كان الجرم المشكوك فيه فضة خالصة
فيعتدل كفتها على آ طرف العمود و
مبدأ الحساب واذا كان ذهبا ابريزا فيقرب
من اللسان عند ب غاية القرب واما اذا
كان ممتزجا فيقف عند ج ما بين آ ب
ويكون نسبة ما فيه من الذهب الى ما فيه
من الفضة كنسبة اجزاء آ ج الى اجزاء ج ب
فليحفظ هذا فيه

كفة الفضة ثابتة

كفة الذهب وهي منتقلة

الميزان الطبيعي لأبي بكر الرازي

شكل (٦)
الميزان الطبيعي لأبي بكر الرازي (عن كتاب «ميزان الحكمة» للخازني).



شكل (٧)

الآلة المخروطة التي استعملها البيروني في تعيين الثقل النوعي للمعادن.

ويبين الجدول (١) نتائج قياسات البيروني[1] للثقل النوعي لبعض المعادن منسوبة أولا الى الذهب وثانيا الى الماء، كما يشتمل الجدول (٢) على أحدث ما حصلنا عليه من قيم الثقل النوعي لهذه المعادن.

جدول «١»

قيم الثقل النوعي للمعادن كما عيَّنها البيروني بالتجربة

المعدن	قيم البيروني للثقل النوعي		القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة الى الماء
	منسوبة الى الذهب على أساس الوزن النوعي للذهب = ١٠٠	منسوبة الى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = ١	
الذهب	١٠٠	١٩	١٩,٣-١٩,٢٥٨
الزئبق	٧١	١٣,٤٩	١٣,٥٥٧
الرصاص	٦٠,١٢٥	١١,٤٣٧	١١,٤٤٥-١١,٣٨٩
الفضة	٥٤,٦٢٥	١٠,٣٧٧	١٠,٤٧٤-١٠,٤٢٨
الصفر	٤٦,٦٢٥	٨,٨٥٩	٨, ٩٢- ٨, ٦٠
النحاس (الأحمر)	٤٥,٦٦٦	٨,٦٧٦	٨,٧٢٦-٨,٦٦٧
توتياء النحاس	٤٤,٨٧٥	٨,٥٢٦	
الحديد	٤١,٧٢	٧,٩٢	٧,٧٩-٧,٦
القصدير	٣٧,٦٣	٧,١٥	٧,٢٩١

وبمقارنة القيم التي توصل اليها البيروني بقيم الوزن النوعي التي تم تحديدها بالامكانيات المعاصرة، نجد أن قيم البيروني قريبة جدا من القيم الصحيحة، جدول (٢)، وذلك على الرغم من أن الأجهزة التي كان يستعملها على زمنه لم تكن لتقارن بالأجهزة الحديثة من حيث الدقة، الأمر الذي يشهد للبيروني بالإمتياز والإعجاز.

(١) عن «دراسات البيروني في الطبيعيات» للدكتور جلال شوقي، أبحاث الندوة العالمية الأولى لتاريخ العلوم عند العرب، حلب: ٥ ـ ١٢ إبريل عام ١٩٧٦، جامعة حلب: معهد التراث العلمي العربي، الجزء الأول: الأبحاث باللغة العربية، عام ١٩٧٧، الصفحات: ٢٥١ ـ ٢٧٣.

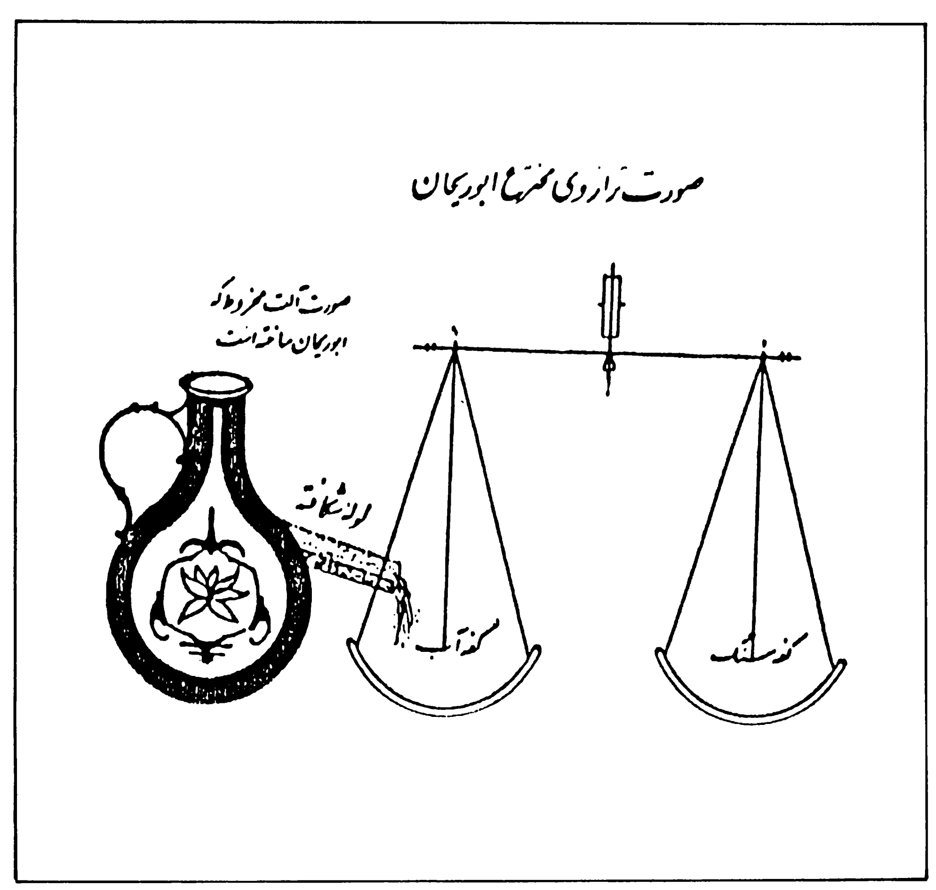
ويقدم الجدول رقم (٢) نتائج التجارب التي أجراها البيروني لتعيين الوزن النوعي لبعض الأحجار الكريمة مقدرة أولا على أساس الياقوت ثم على المقارنة لهذه النتائج مع القيم المعاصرة درجة الدقة العالية التي تتسم بها نتائج البيروني.

جدول «٢»

أ ـ قيم الثقل النوعي لبعض الأحجار الكريمة حسب قياسات البيروني

أنواع الحجر الكريم وتسمياته باللغات الانجليزية والفرنسية والألمانية	قيم البيروني للثقل النوعي: منسوبة الى الياقوت على أساس الوزن النوعي للياقوت = ١٠٠	قيم البيروني للثقل النوعي: منسوبة الى الماء على أساس الوزن النوعي للماء = ١	القيم الصحيحة للثقل النوعي منسوبة الى الماء
الياقوت الأحمر[١]			
	٩٧,١٢٥	٤,٠١	٤,٤-٣,٩٩
	٩٠,٤٥٨	٣,٧٣	
الزُمرد[٢] أو الزبرجد[٣]	٦٩,٥	٢,٨٦	٢,٧٧٥ - ٢,٦٧٨
الياقوت الأزرق (لازورد)[٤]	٦٧,٨١	٢,٨	حوالي ٣
اللؤلؤ[٥]	٦٥,٥٨	٢,٧	٢,٦٨٤ - ٢,٦٥
المرجان أو العقيق[٦]	٦٤,٧٥	٢,٦٧	٢,٧-٢,٥
المرجان اللامع (المُصدَّف)[٧]	٦٤,٥٤	٢,٦٦	٢,٦
زجاج سوريا	٦٣,١٢٥	٢,٦	للزجاج عموما:
	٦٢,٧٩	٢,٥٩	٣,٤٥ - ٢,٥
البللور الصخري او الصوان الشفاف المبلور (الكوارتز)[٨]	٦٢,٦	٢,٥٨	٢,٥٨

(١) 1. Red Hyacinth-Hyacinthe rouge-roter Hyacinth.
(٢) 2. Emerald-Emeroude-Smaragd.
(٣) 3. Topaz.
(٤) 4. Lapis-Lazuli-Lapi lazulé-Lapis Lazuli.
(٥) 5. Spearl-Perle.
(٦) 6. Coral-Coraline-Koralle.
(٧) 7. White Coral-Nacre Corail-Weisse Koralle.
(٨) 8. Quartz-Cristal-Quarz.



شكل (٨)

وزن الماء المزاح الذي يخرج من ميزاب الآلة المخروطة لأبي الريحان البيروني.

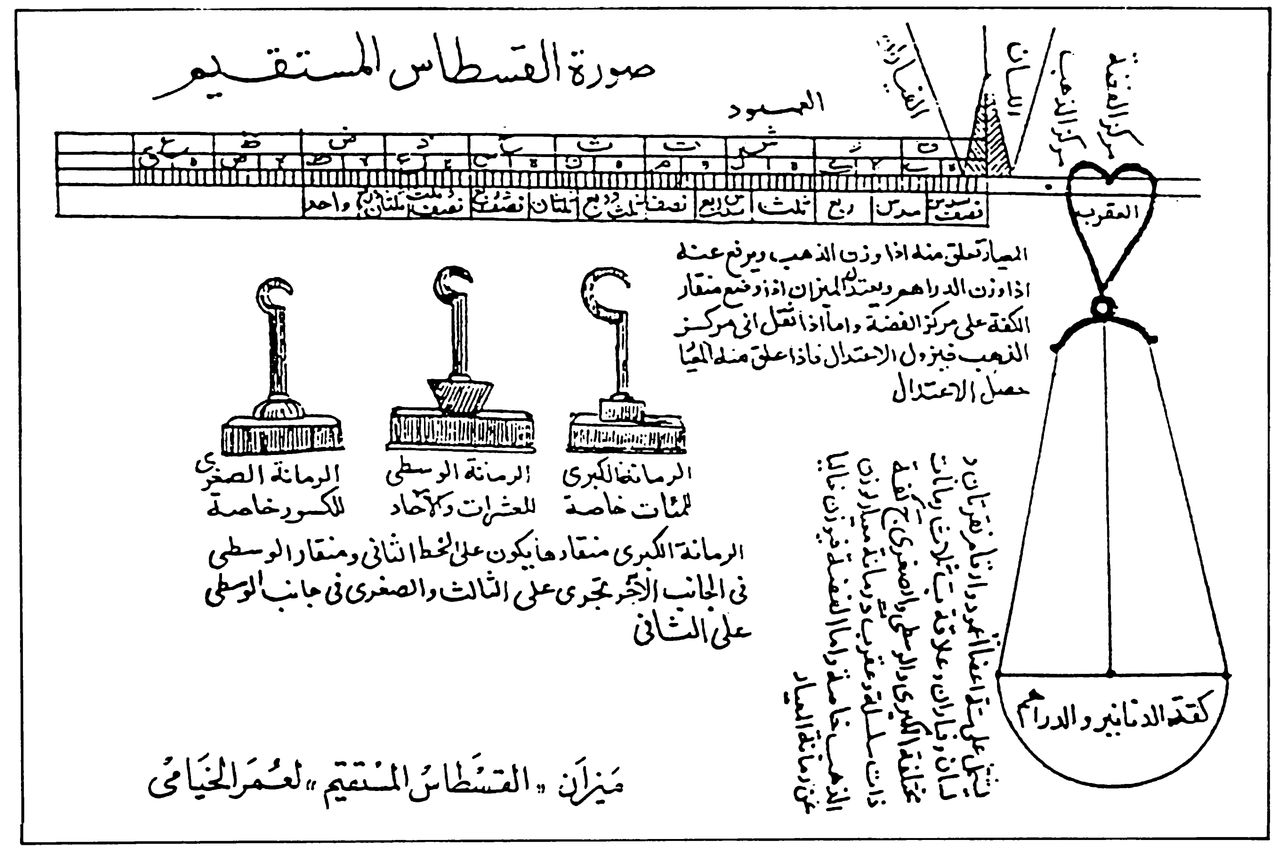
القسطاس المستقيم[١]

وهو ميزان ابتكره أبو الفتح عمر بن ابراهيم الخيامي النيسابوري (٤٣٦ ـ ٥١٧ هـ) = (١٠٤٤ ـ ١١٢٣ م):

«ميزان ذو ثلاث رمانات، يعرف بالقسطاس المستقيم، ويوزن به من حبة إلى ألف دينار أو ألف درهم، وهو على صورة القفان ذات عمود وعارضة ولسان وكفة واحدة، وكبرى الرمانات الثلاث للمئات، ووسطاها للعشرات والآحاد معا، وصغراها للكسور»، شكل (٩).

---

(١) عن كتاب «ميزان الحكمة» للخازني، صفحة ١٥٣.



شكل (٩)

ميزان عمر الخيامي الموسوم «بالقسطاس المستقيم».

موازين الخازني

ضمَّن عبدالرحمن الخازني (ت: ٥١٥ هـ = ١١٢١م) كتابه الجليل «ميزان الحكمة» مجموعة من الموازين بقصد عمل قياسات متعددة، نذكر منها على سبيل المثال ما يأتي:

١ ـ معرفة نسب الأوزان الهوائي إلى المائي.

٢ ـ معرفة نسب حجوم الفلزات الذائبة وأوزانها بالرصد والاعتبار.

٣ ـ صنعة مقياس المائعات في الثقل والخفة.

٤ ـ صنعة القَفَّان، ووضع الرقوم عليه، والوزن به، وتحديد ثقل الرمانة.

وقد أورد في كتابه مجموعة من الموازين، ويقصد بها أجهزة قياس، نذكر أهمها فيما يلي:

أولا: موازين الماء[1]

وتأتي أشكالها على ثلاثة أصناف:

أ ـ الميزان المطلق او الميزان الساذج، وهو ميزان ذو الكفتين.

ب ـ الميزان الكافي أو الميزان المجرد عن المُنقلة، وهو ميزان ذو ثلاث كفات طرفيات، احداهم منوطة تحت الأخرى وهي المائية.

جـ ـ الميزان الجامع أو ميزان الحكمة، وهو ميزان ذو خمس كفات، ثلاث كفات منها ثابتة، واثنتان منها منقلتان عن موضعهما.

ويستخدم هذا النوع من الموازين لمعرفة نسب الفلزات بعضها الى بعض في الحجم، وتمييز بعضها من بعض من غير سبك ولا تخليص ومعرفة الجواهر الحجرية، وتمييز حقها من أشباهها وملوناتها، الأشكال (١٠) ـ (١٤).

ثانيا: ميزان الارض

وتسوية وجهها على موازاة السطح الأفقي، ووجوه الحيطان على محاذاة القطر الذي يثبت عليه.

ثالثا: ميزان الساعات

وتعرف به الساعات الماضية من ليل او نهار، وكسورها بالدقائق والثواني، وتصحيح الطالع بها بالدرج وكسورها، ويشتمل هذا الميزان على خزانة ماء او خزانة رمل.

---

(١) عن كتاب «ميزان الحكمة» للخازني، الصفحات: ١٠٠ ـ ١٠٥.

صورة ميزان الحكمة المعروف بالجامع

النصف الأيسر للجواهر

الشعيرات الظاهرة

النصف الأيمن للصنجات

الشعيرات الخفية

تثبت المراكز عليه في هذا الجانب

الطرفية الهوائية الثانية

كفة الماء الثالثة

الرمانة السيارة على النصف الشائل

المجنحة

الرابعة

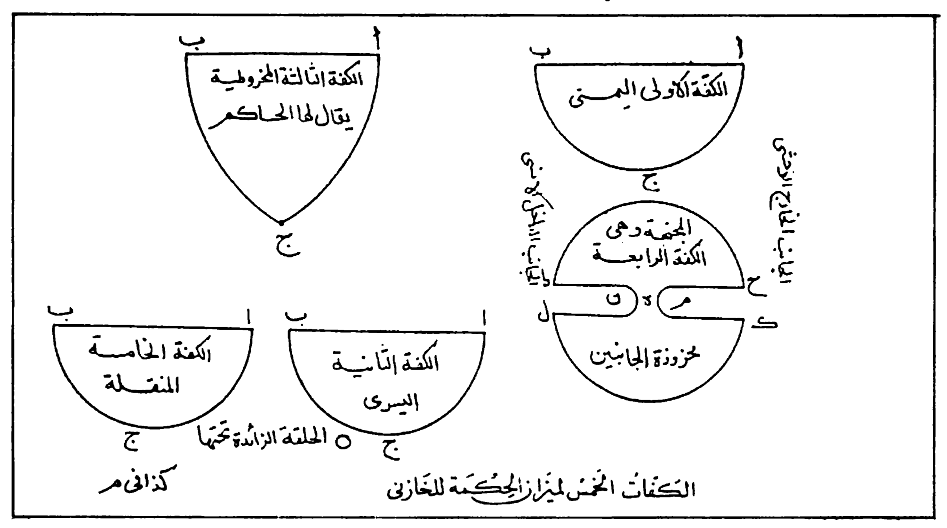
المنقلة الخامسة

الطرفية الهوائية الأولى

ميزان الحكمة أو الميزان الجامع للخازني

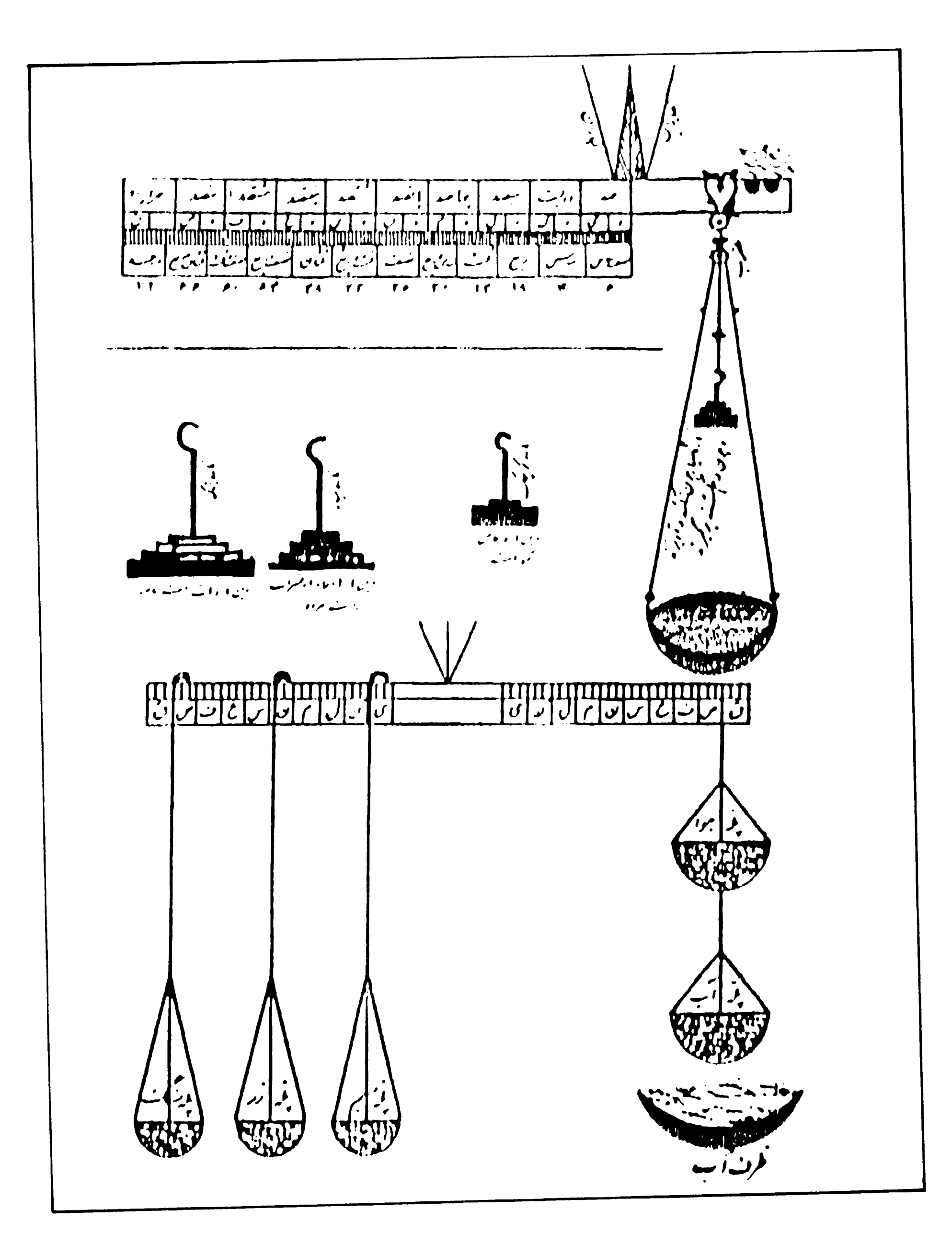
شكل (١٠)

الميزان ذو الكفات الخمس لعبدالرحمن الخازني.



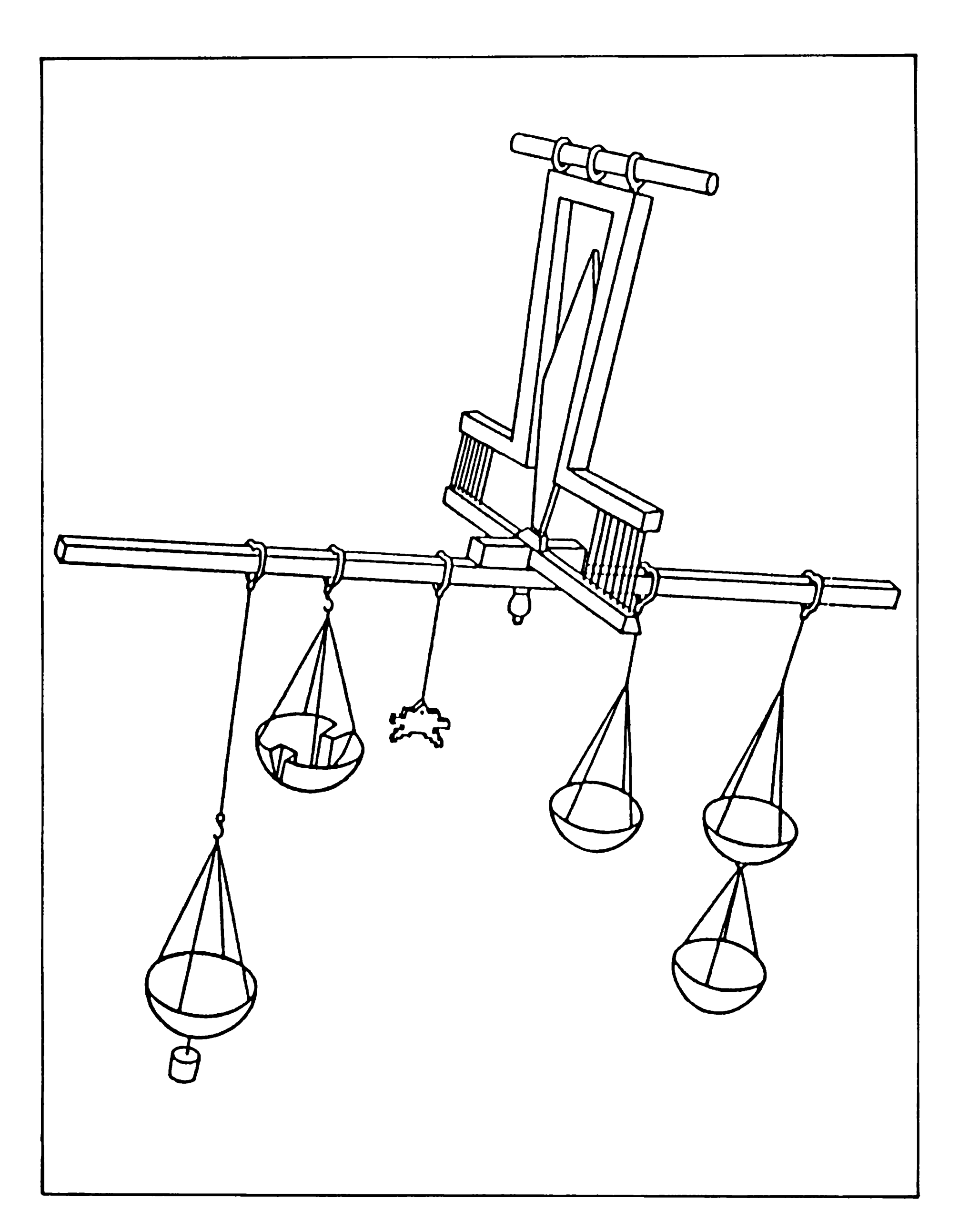
شكل (١١)

الميزان ذو الكفات الخمس لعبدالرحمن الخازني.

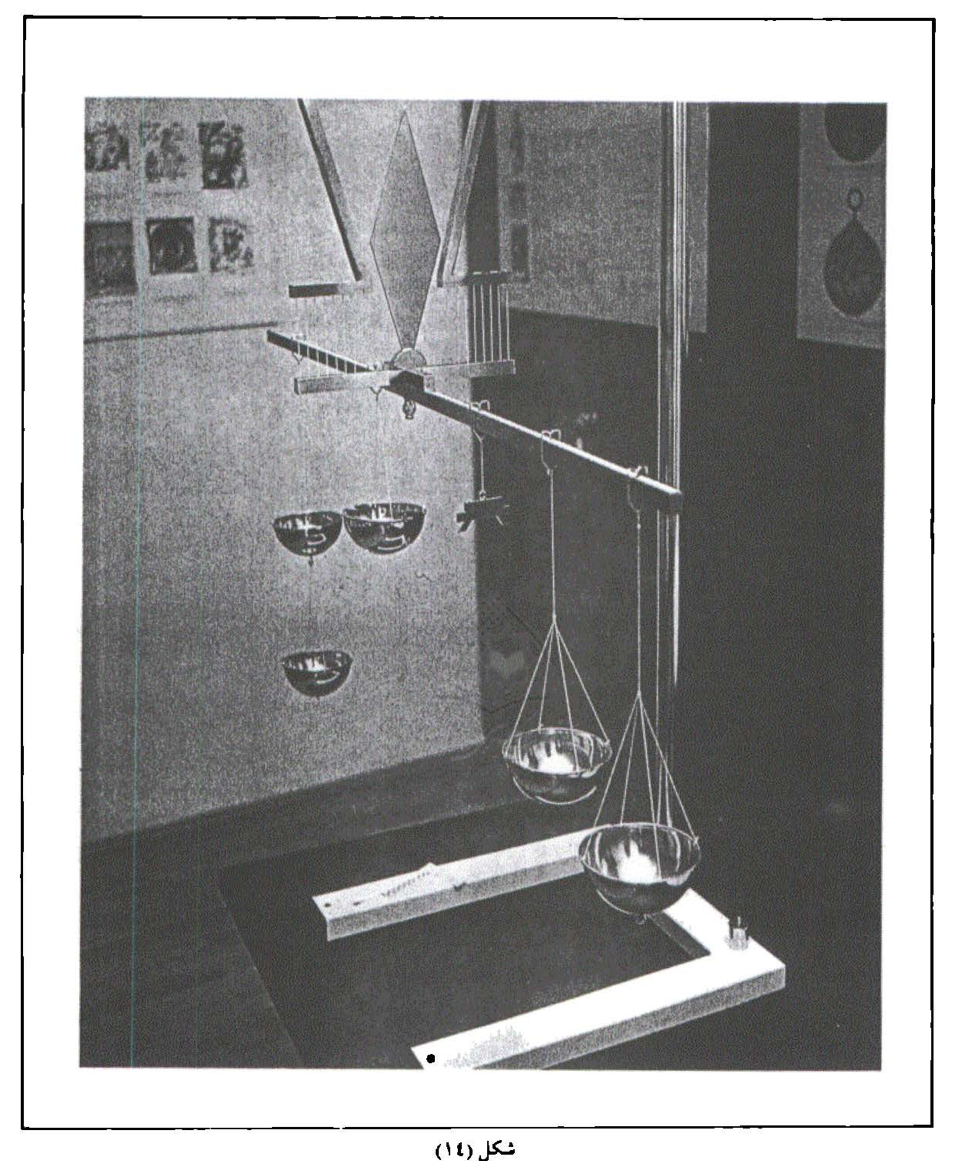


شكل (١٢)

الكفات الخمس لميزان عبدالرحمن الخازني (ميزان الحكمة المعروف بالجامع).



شكل (١٣)
ميزان الحكمة أو الميزان الجامع لعبدالرحمن الخازني.



شكل (١٤)

نموذج لميزان الحكمة أو الميزان الجامع لعبدالرحمن الخازني، ويوجد هذا النموذج بمعهد تاريخ العلوم العربية الاسلامية بجامعة فرانكفورت[1]

(Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften an der J.W. Goethe Universität, Frankfurt am Mein, Germany.)

(١) عن مجلة «اللقاء» ـ العدد الرابع ـ سنة ١٩٩٠ م.

تابع جدول «٢»

ب ـ نتائج قياسات الخازني للثقل النوعي لبعض المواد السائلة

المادة السائلة	الثّقل النوعي حسب قياسات الخازني	القِيَم الصحيحة للثّقل النوعي في العصر الحديث
ماء عند درجة الصفر	٠,٩٦٥	٠,٩٩٩٩
ماء عذب بارد	١,٠٠٠	١,٠٠٠
ماء البحر (مالح)	١,٠٤١	١,٠٢٧
زيت الزيتون	٠,٩٢١	٠,٩١
لبن البقر	١,١١٠	من ١,٠٤ الى ١,٤٢
دم الانسان	١,٠٣٣	من ١,٠٤٥ الى ١,٠٧٥

٢,١٢ ـ علم الحركة (الديناميكا)

فهم علماء العرب والمسلمين «الحركة» بمعنى شمولي هو «تبدُّل حال الذات»، بيد أننا سنقصر دراستنا هنا على حركة الانتقال من موضع الى آخر، ومن ثم فقد عرض العرب والمسلمون بالتفصيل لعناصر الحركة وأنواعها من انتقالية ووضعية وطبيعية وقسرية، ويمكننا ان نوجز اسهامات علمائنا في هذا المجال على النحو الآتي:

١ ـ تحليل سرعة الجسم المصادم الى «قسطين»، أي الى مركبتين، وقد ورد ذلك في معرض شرح الحسن بن الهيثم لسلوك الجسم الساقط على سطح مستو وارتداده عنه.

٢ ـ وضع قوانين تصادم الأجسام الصلبة.

٣ ـ تعيين صلادة الجسم بقياس مسافة الارتداد لكرة صغيرة معدنية ملساء عن سطح مستو للجسم، وتقابل هذه الطريقة مقياس شور (Shore Scleroscope) في عصرنا الحالي، ويرجع الفضل في ابتداع هذه الطريقة للحسن بن الهيثم.

٤ ـ الوقوف على معنى كمي في المتحرك يتوقف على سرعة حركته، وعلى كمية ما به من مادة، ويعزى هذا المفهوم للحسن بن الهيثم الذي أسماه «بقوة الحركة»، كذا «باعتماد الحركة».

٥ ـ سَبْق الشيخ الرئيس ابن سينا الى ما نعرفه اليوم بالقانون الأول للحركة، وذلك في كتابه «الاشارات والتنبيهات»[١].

٦ ـ وقوف هبة الله بن ملْكا البغدادي (٥٤/ ٤٨٠ ـ ٤٧/ ٥٦٠ هـ) = (٦٢/١٠٨٧ ـ ٥٢/١١٦٥م)

(١) النمط الثاني، الفصل السادس.

على معنى تناسب القوة مع تسارع الحركة، او بتعبيرنا المعاصر مع معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن إذ يقول ابن ملكا في كتابه «المعتبر في الحكمة»: «وكل حركة ففي زمان لا محالة، فالقوة الأشدية تحرك أسرع، وفي زمان أقصر.

فكلما اشتدت القوة ازدادت السرعة، فقصر الزمان، فإذا لم تتناه الشدة لم تتناه السرعة، وفي ذلك ان تصير الحركة في غير زمان أشد، لأن سلب الزمان في السرعة نهاية ما للشدة».

لو كان ابن ملكا قال: «سلب الزمان في المسافة» لظنناه يقصد السرعة (معدل تغير المسافة المقطوعة بالنسبة للزمن) بيد أنه قصد معنى آخر هو «سلب الزمان في السرعة»، أي «معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن»، وهو ما نسميه اليوم «التسارع».

وعلى ذلك يمكننا القول بأن ابن ملكا البغدادي قد توصل الى مفهوم القانون الثاني للحركة وان لم يضع الصيغة الرياضية التي تعبر عنه.

٧ ـ ورد القانون الثالث للحركة ـ وهو القائل بأن لكل فعل ردّ فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في التأثير ـ وذلك في كتابات كل من ابن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة»، والامام فخر الدين الرازي (٥٤٤ ـ ٦٠٦هـ) = (١١٥٠ ـ ٩/ ١٢١٠م) في كتابه «المباحث المشرقية في علم الآلهيات والطبيعيات».

٨ ـ دراسة التساقط الحر للأجسام «تحت تأثير جاذبية الأرض»، وتقرير أن الأجسام الساقطة تسلك أقصر طريق، وأن سرعة سقوطها لا تعتمد على كتلتها، فلولا مقاومة الهواء لتساقطت الاجسام المختلفة بنفس السرعة.

٩ ـ دراسة معاوقات الحركة الطبيعية منها والقسرية، ومنها مقاومة الهواء وشكل الجسم المتحرك، وفي هذا المعنى يقول ابن ملكا البغدادي في كتابه «المعتبر في الحكمة»[1]: «وأيضا لو تحركت الأجسام في الخلاء لتساوت حركة الثقيل والخفيف، والكبير والصغير، والمخروط المتحرك على رأسه الحاد، والمخروط المتحرك على قاعدته الواسعة، في السرعة والبطء، لأنها انما تختلف في الملاء بهذه الأشياء بسهولة خرقها لما تخرقه من المقاوم المخروق كالماء والهواء وغيره.

فإن المخروط المتحرك على رأسه يخرق أسهل من المتحرك على قاعدته..».

١٠ ـ استحالة الحركة الدائمة، حيث يقرر الشيخ الرئيس ابن سينا في كتابه «الاشارات والتنبيهات»[2]: «لا يجوز أن يكون في جسم من الاجسام قوة طبيعية تحرك ذلك الجسم بلا نهاية».

هذا هو بعض جهد علماء العرب والمسلمين في علمى السكون والحركة (الميكانيكا)[3]، يتضح منه السبق الواضح الى اساسيات هذين العلمين، ولقد آن الأوان لكي تُصحَّح نسبة مفاهيم وقوانين كثيرة الى علماء الحضارة الاسلامية.

---

(١) المجلد الثاني ـ الفصل الرابع عشر.

(٢) النمط السادس ـ الفصل الثالث والعشرون.

(٣) لتفصيل أكثر يمكن الرجوع الى كتابنا: «تراث العرب في الميكانيكا» نشر عالم الكتب بالقاهرة، سنة ١٩٧٣م، ويقع في ١١١ صفحة.

٢,٢ ـ التطبيقات الهندسية: آلات وأدوات

يبدأ هذا الفصل ببيان أهم مصادر هندسة الحركات في الحضارة الاسلامية، يعقب ذلك عرض لروّاد هندسة الحركات من الاغريق من أمثال اكتاسيبيوس وفيلون البيزنطي وهيرون السكندري وغيرهم، ثم تصل هذه المقدمة بعد ذلك الى الحديث عن رواد هندسة الحركات من المسلمين من أمثال بني موسى بن شاكر، واسماعيل بن الرزاز الجزري، ورضوان الساعاتي، وابن الشاطر، وتقي الدين بن معروف وغيرهم.

تعرض هذه الدراسة للآلات التي طوّرها أو ابتكرها علماء العرب والمسلمين وتشمل:

٢,٢١ ـ آلات معالجة الأثقال.

٢,٢٢ ـ آلات تعمل بالهواء أو بالبخار.

٢,٢٣ ـ آلات وأوان عجيبة تعمل بالماء.

٢,٢٤ ـ آلات لرفع الماء الى جهة العلو.

٢,٢٥ ـ آلات محركة من دواليب ماء وطواحين هواء.

٢,٢٦ ـ آلات متنوعة منها الآلات التي تعمل من تلقاء ذواتها.

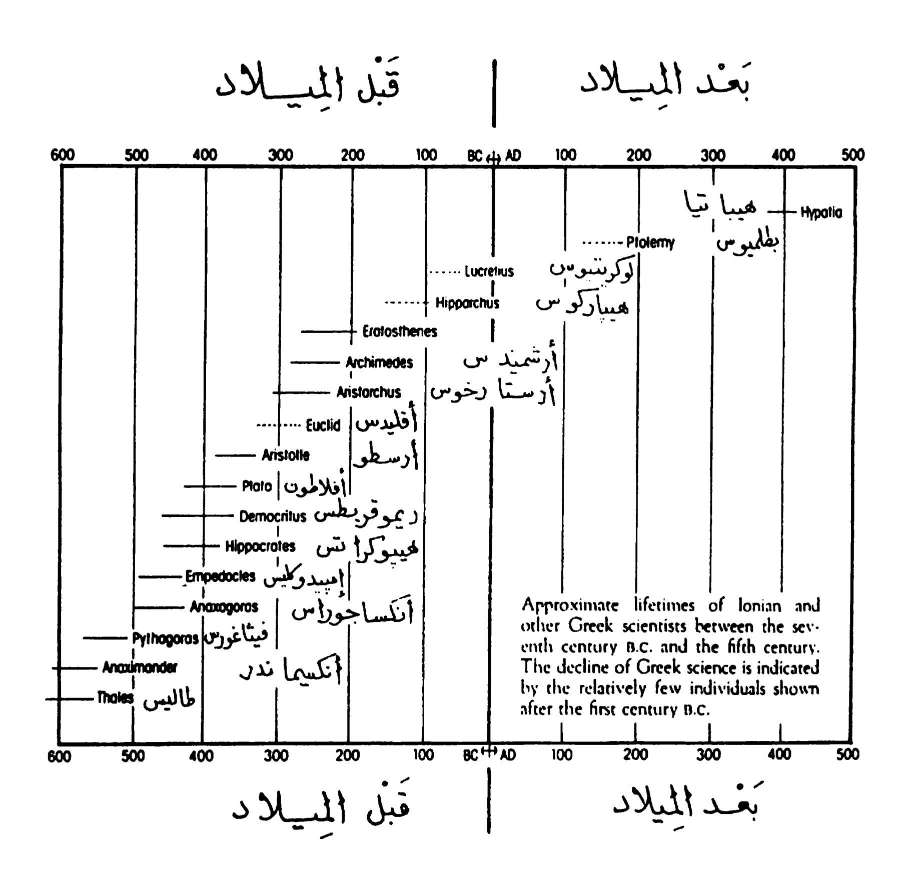
٢,٢٧ ـ آلات رصْدية من اسطرلابات وأجهزة قياس تستعمل في علم الهيئة.

٢,٢٨ ـ آلات حربية من منجنيقات ومرايا محرقة وغير ذلك من أدوات قتالية.

٢,٢,١ ـ رواد هندسة الحركات من الاغريق

يبين شكل (١٥) تتابع علماء الاغريق ممن اهتم بهندسة الحركات وذلك عبر فترة زمنية تبلغ حوالي الألف عام، فبينما نلحظ قمة النبوغ العلمي الاغريقي في حوالي القرن الثالث قبل الميلاد، نرى تراجعا كبيرا في الانجازات الاغريقية اعتبارا من حوالي النصف الثاني من القرن الثاني بعد الميلاد، شكل (١٦).

هذا وتعرض الأشكال من (١٧) إلى (٣٢) أمثلة لبعض الآلات التي شهدتها الحضارة الاغريقية ـ وهي كثيرة ـ كما تبين الجداول من (٣) الى (٨) موجزا لأعمال رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق في العصر القديم.



شكل (١٥)

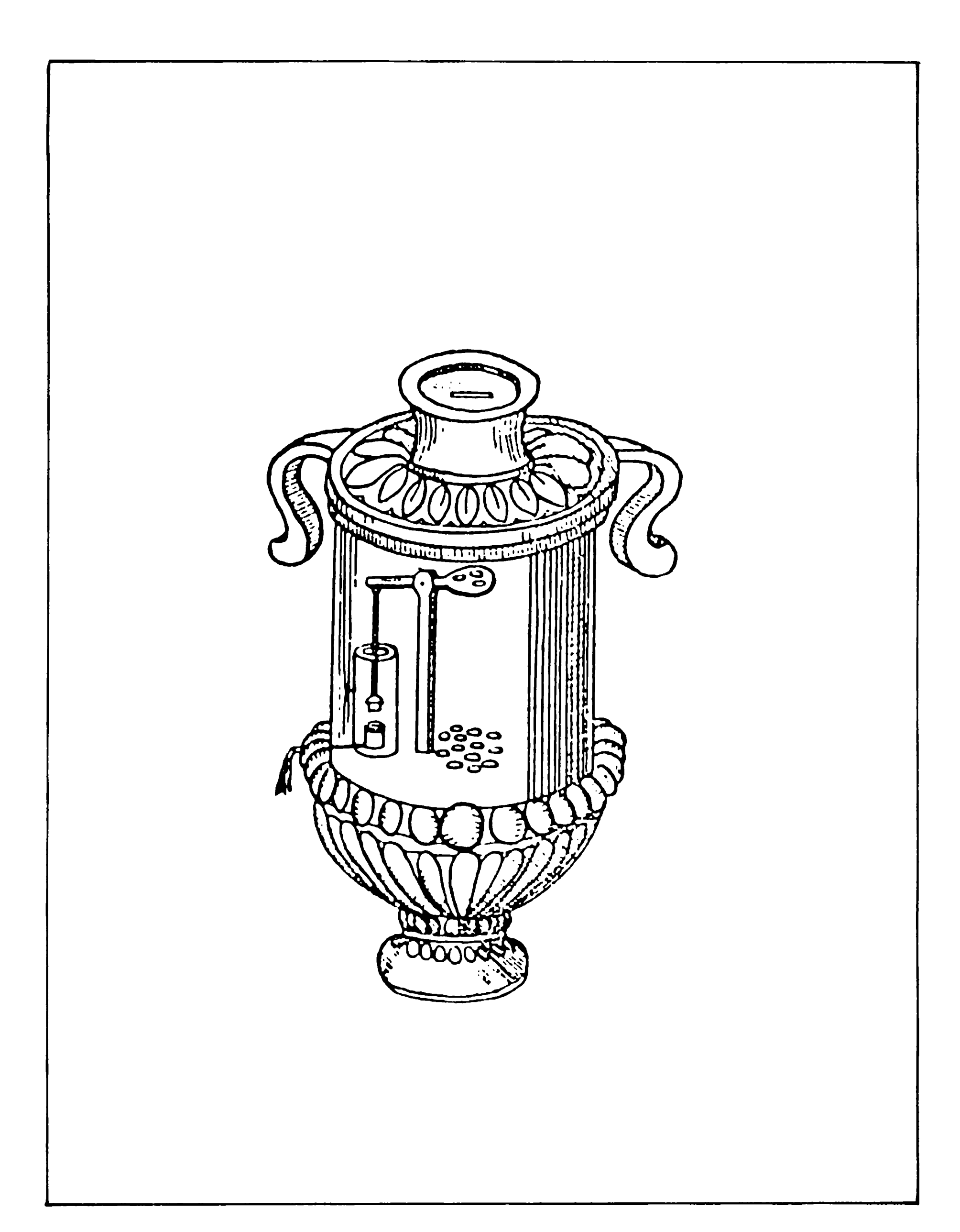
التسلسل الزمني لأهم علماء الاغريق من القرن السادس قبل الميلاد وحتى القرن الخامس للميلاد، ويلاحظ تراجع العلم الاغريقي بعد القرن الأول الميلاد، كما يشهد على ذلك تقلص عدد العلماء الاغريق.

	قبل الميلاد				بعد الميلاد				
	-٤٠٠	-٣٠٠	-٢٠٠	-١٠٠	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٤٠٠	٥٠٠
القرن	-٤	-٣	-٢	-١	+١	+٢	+٣	+٤	+٥
أرسطـــو	-٣٨٤ / -٣٨٤								
أقليدس	-٣٣٠	-٢٨٠							
أرشميدس		-٢٨٧ / -٢١٢							
اكتاسيبيوس		-٢٧٠							
أبولونيوس		-٢٦٠	-٢٠٠						
فيلون البيزنطي		-٢٥٠							
هيرون السكندري					٦٣				
بطليموس القلوذي						١٦٨			
بروكليس									٤١٢ / ٤٨٥
ثاون الإسكندراني									
مورطس مورسطس									

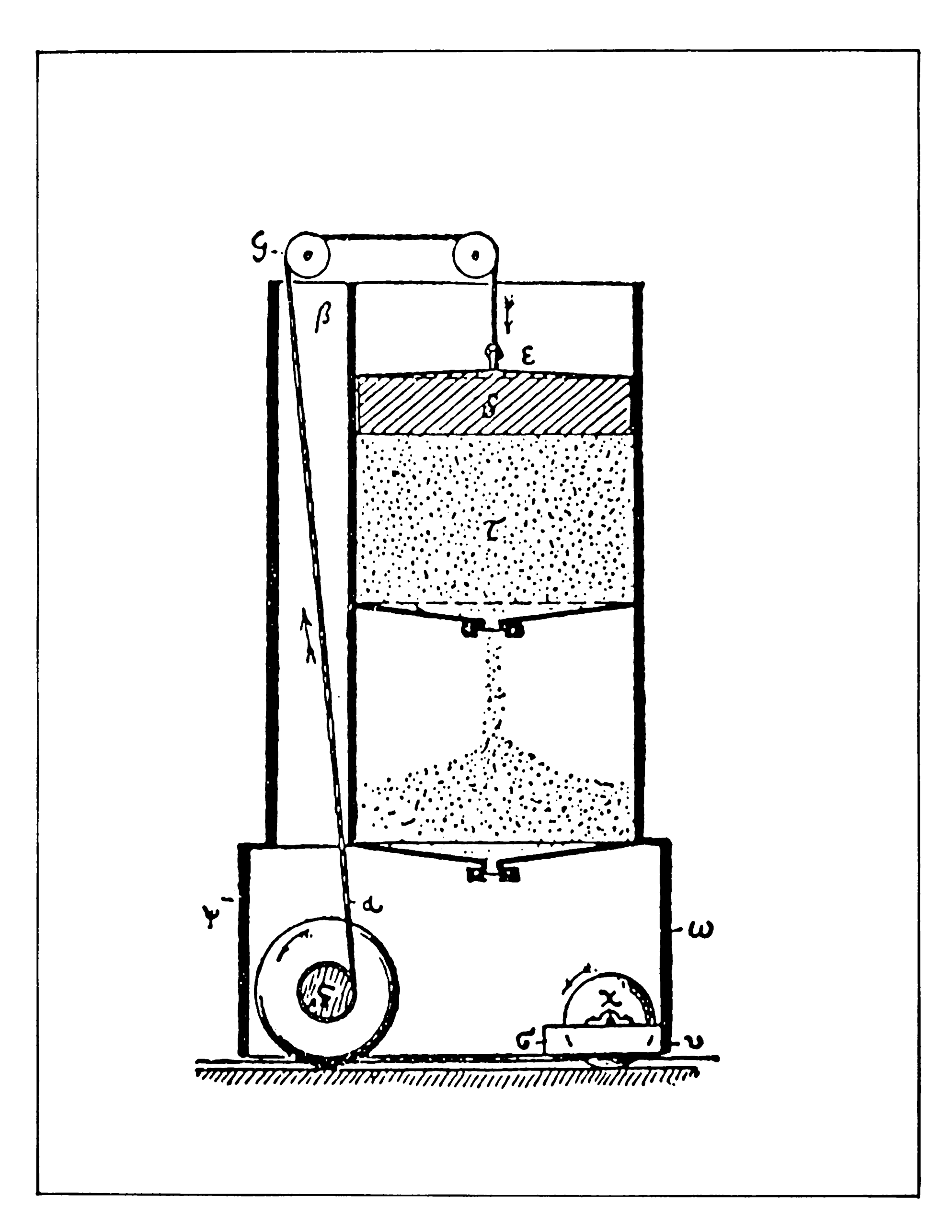
شكل (١٦)

التتابع الزمني لرواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

* راجع : Dictionary of Scientific Biographies, Vo. 10, (1974«, pp. 586 - 589.



شكل (١٧)
ضع قطعة نقد في الفتحة تحصل على ماء مقدس. مثال لآلية كانت تثير دهشة واعجاب المترددين على المعابد في الحضارة الاغريقية القديمة.



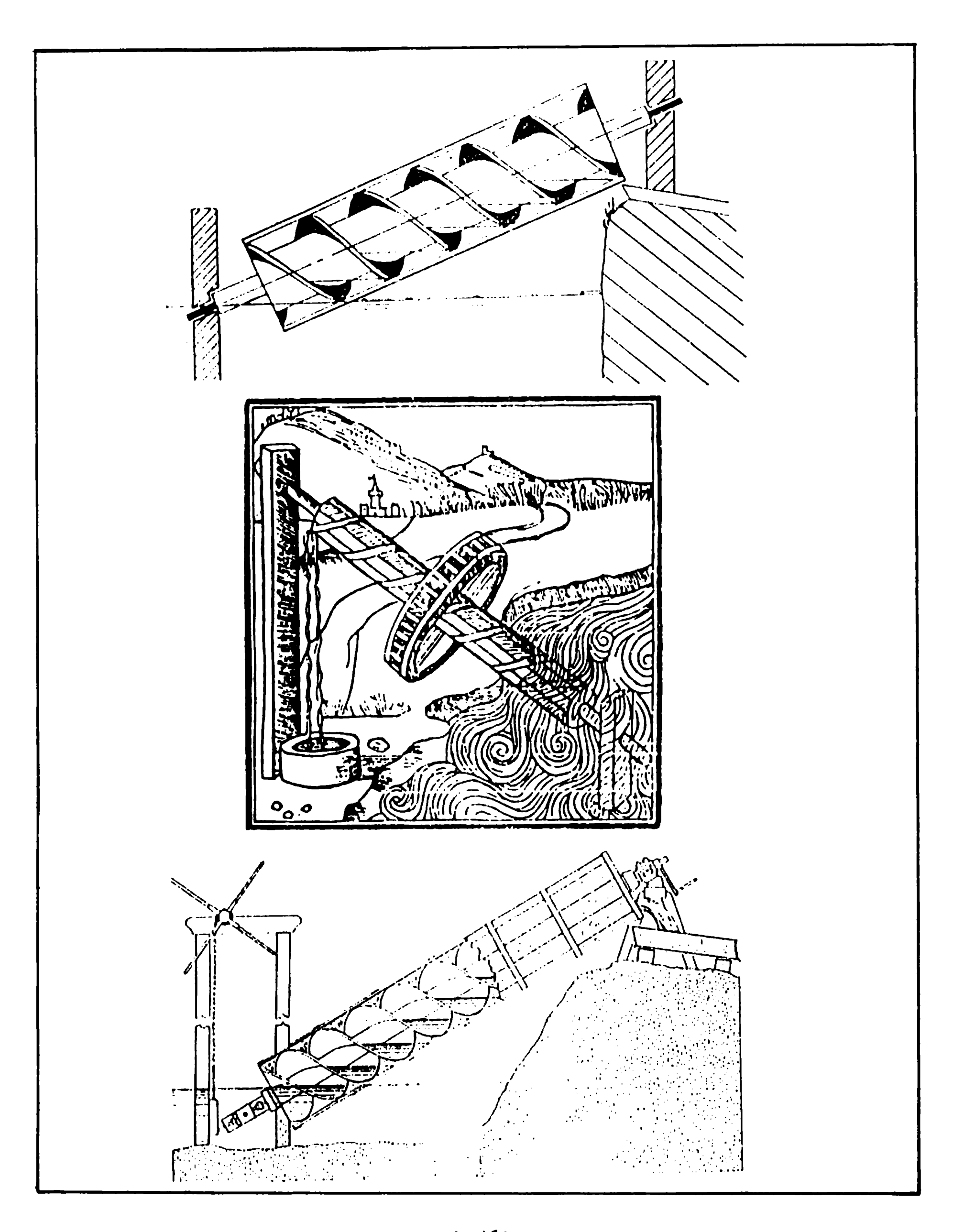
شكل (١٨)
وسيلة ميكانيكية لمسرح عرائس في الحضارة الاغريقية.

جدول «٣»

رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

أولا: قبل الميلاد

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
أرسطو/ أرسطوطاليس Aristotle	ق.م. ٣٨٤ ـ ٣٢٢	إشارات متفرقة	
اقليدس Euclid	حوالي ٣٣٠ ـ ٢٨٠	الموازين؟	
أرشميدس Archimedes	٢٨٧ ـ ٢١٢	كتاب «عمل ساعات الماء التي ترمي بالبنادق». وفيها ضروب من الحركات المنسوبة الى ارشميدس. كتاب «آلة ساعات الماء التي ترمي بالبنادق» «كتاب عمل الآلة التي تطرح البنادق».	مخطوط مكتبة أياصوفيا باستانبول. معهد المخطوطات العربية بالقاهرة. فهرست ابن النديم: ٣٨٦، ٤١١. مخطوط المكتبة العامة بنيويورك
		لولب أرشميدس لرفع الماء Archimedean Screw	أول نسخة مصورة منشورة لكتاب فيتروفيوس (Vitruvius) سنة ١٥١١م.
		المرآة المحرقة. معدات القتال. كتاب عن مركز الثقل.	



شكل (١٩)
لولب أرشميدس لرفع الماء الى جهة العلو (من القرن الثالث قبل الميلاد).

مخطوطات عربية لأعمال أرشميدس وفيلون البيزنطي

١ ـ «عمل ساعات الماء التي ترمي بالبنادق، وفيها ضروب من الحركات».

لأرشميدس.

١ ـ مخطوط مكتبة أيا صوفيا (حاليا بمكتبة جامعة استانبول) ـ رقم: ٢/٤٨٦١، الكتاب الثاني ضمن مجموع، الصفحات: ٦١/ب ـ ٨٢/ب، وهذه النسخة ناقصة الآخر، كتبت سنة ٦١٣ هـ = ١٢١٦م بخط عبد القوي بن عبدالمعطي.

٢ ـ مخطوط المكتبة البريطانية بلندن ـ رقم: Add. 23, 391 .

٣ ـ مخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: شرقي ـ ٢٤٦٨ .

٤ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ رقم: ٩٥٤، ولا تتضمن هذه النسخة سوى بداية العمل فحسب.

٥ ـ مخطوط المكتبة العامة لنيويورك ـ مجموعة سينسر الهندية الايرانية ـ رقم: ٢ ـ رسالة الحكيم محمد، نسخت ١٠٣٠ هـ = ١٦٢٠م.

(New York Public Library - Indo-Persian Spencer Collection, MS2)

٢ ـ «كتاب فيلون في الحيل الروحانية ومخانيقا الماء»

مخطوط مكتبة جامعة استانبول (سابقا أيا صوفيا) ـ رقم: ٣٧١٣.

٣ ـ «هذا ما استخرجه ايرن من كتاب فيلن وأرشميدس اليونانيين[1] من جر الاثقال، والبنادق، والأمياه، والجامات، وما شاكله»

ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ رقم: ٩٥٤، ويقع في ٤٦ ورقة ـ مجموعة: Collegit Quidam Iran (Marsh. 669)

وقد تم اكتشافه سنة ١٨٥٤م، ونبين فيما يأتي محتويات هذا المخطوط:

الورقة

١ عنوان عام.

٢ ـ ٦ مجموع آلات وحيل الأول.

٦ ـ ١٨ كتاب الدواليب المتحركة من ذاتها.

١٩ ـ ٢١ عمل ساعات البنادق والغراب.

٢٢ ـ ٢٥ جزء من عمل الساعات.

---

(١) في الاصل: اليونانيان.

٢٦ ـ ٤٨ مجموع مجهول المؤلف
٤٩ ـ ٩٢ كتاب فيلون في الآلات الروحانية.
٩٣ ورقة بيضاء.
٩٤ ثلاثة سطور في غير موضعها.
٩٥ مقدمة دراسة في الساعات ومنسوبة لأرشميدس ومهداة إلى أرسطون.

والمخطوط غير مؤرخ، إلا أنه يمكن ارجاعه الى سنة ٧٥٥ هـ = ١٣٥٤ م بناء على ملاحظة الحروف السحرية لبديع الزمان.

إن أول من قام بوصف ساعة أرشميدس هو البارون كارا دي فو [١] حيث عرض لتفاصيلها الانشائية، كما أورد نماذج من النص العربي، وقد نقله الى اللغة الألمانية فيدمان وهاوزر [٢]، وذلك بالرجوع الى مخطوطات لندن وباريس واكسفورد التي أشرنا إليها سابقا.

هذا وقد تعرض دراخمان [٣] بالنقد لما جاء في الترجمة الالمانية، حيث خلص الى ان الساعة موضوع الوصف يمكن أن تعزى الى مخترع عربي تمكن من تجميع التفاصيل من مصادر متعددة أحدها هو فيلون البيزنطي، وربما كان المصدر الثاني هيرون السكندري.

ويعترف كل من رضوان الساعاتي وبديع الزمان الجزري (وكلاهما من القرن السادس الهجري = القرن ١٢ م) أنهما استعانا بأعمال أرشميدس في انشاء ساعاتهم ذات التدفق المنتظم.

---

(١) Carra de Vaux:
"Notice sur deux Manuscrits Arabes", JA, 8 Serie, 18, (1891), 295 ff.

(٢) E. Wiedemann and F. Hauser:
"5 Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen", Nova Acts, 103, (1918), No. 2, 164-202.

(٣) A.G. Drachmann:
"Ktesibios, Philon and Heron; a study in Ancient Pneumatics", Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium (edited Bibliotheoa Universitatis Nauniensis, Copenhagen), 4, (1948), 1-197; for Archimedes see pages 36-41.

جدول «٤»

رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

أولا: قبل الميلاد

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
اكتاسيبيُوس Ktesibios or Ctesibios or Ctesibius	ق. م. حوالي ٢٧٠	كتاب «مدخل بيوس الى علم الحيل» (المخطوط منقول عن نسخة بني موسى بن شاكر سنة ٦٨٨ هـ = ١٢٨٩ م) المضخة الدافعة	مخطوط مكتبة احمد الثالث باستانبول معهد المخطوطات العربية بالقاهرة
أبولونيوس النجّار الحكيم الرياضي Apollonius	ق. م. ٢٦٠ ـ ٢٠٠	آلة موسيقية ميكانيكية تعمل بالنفخ في مزمار. أنجزها حوالي سنة ٢٢٥ ق. م. اشتهر بكتابه في المخروطات (في الهندسة العقلية)	مخطوطات لندن وباريس ونيويورك وأكسفورد
فيلون البيزنطي Philo or Philon of Byzantium (Philon de Byzance)	حوالي ٢٥٠ ق. م. (وفي قول آخر ٢٥ ق. م. الى ما بعد ٤٠ م)	«كتاب فيلون في الحيل الروحانية ومخانيقا الماء»*	حققه ونشره البارون كارا دي فو
		«كتاب الدوائر المتحركة»	مخطوط بمكتبة جامعة الملك سعود بالرياض

* لنا دراسة مفصلة عنه في كتابنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية».

من أعمال اكتاسيبيوس
(نبغ في حدود سنة ٢٧٠ ق.م. بالاسكندرية)

يعتبر اكتاسيبيوس مخترعا من الطراز الاول، وقد صنّف كتابا يتضمن اختراعاته، وكان هذا الكتاب في حوزة فيتروفيوس (Vitruvius) [(١)] الذي حكى عنه في كتابه «De Architectura» (الكتاب العاشر ـ الفصل السابع)[(٢)].

ويعزي الى اكتاسيبيوس وقوفه على أن الهواء جسم، وقد أدت دراسته للهواء الى اختراعه للاسطوانة والكابس (Cylinder & Plunger or Piston) ، وينسب إليه تطوير حركة الموائع من هواء وماء.

وقد اخترع اكتاسيبيوس مضخة هواء ـ ذات صمامات ـ تتصل بمجموعة مفاتيح وصفوف من الأنابيب، وقد عرف هذا الاختراع بالأرغون المائي، حيث كان وعاء الهواء يعمل بضغط الماء، ومن هنا جاءت تسميته بالمائي.

وينسب الى اكتاسيبيوس اختراع مضخة رفع مائية، كذا ابتكار ساعة مائية تعتمد على تدفق الماء بمعدل ثابت خلال ثقب، وقد صنع اكتاسيبيوس الثقب من الذهب، وذلك لتفادي حدوث الصدأ، كذا من جوهر كريم لتفادي، التآكل، وينساب الماء المتدفق عبر الثقب إلى وعاء اسطواني، فيرفع عوامة تحمل مؤشرا يشير الى تدريج للساعات، وقد زودت العوامة بجريدة مسننة تدير قرصا مسننا، فيحرك عرائس أو شخوصا، أو ليقرع أجراسا أو ليجعل طيورا تصدح، وما الى ذلك من وسائل للتسلية او للزينة.

هذا ويسجل فيلون البيزنطي منجنيقين من اختراع اكتاسيبيوس، يعمل أحدهما بالهواء المضغوط، بينما يعمل الآخر بنوابض «يايات»[(٣)] من البرونز.

من أعمال فيلون البيزنطي* (نبغ حوالي ٢٥٠ ق.م.)

عن فيلون البيزنطي يقول أبو عمر محمد بن يوسف بن يعقوب الكندي (وكان حيا سنة ٣٥٩ هـ = ٩٧٠م)[(٤)] إنه كان بارعا في إنشاء دواليب الماء والطواحين والحيل[(٥)].

ولعل أهم أعمال فيلون البيزنطي قد احتوتها الدراسة التي قام بها البارون كارا دي فو في بداية هذا

---

(١) اسمه الكامل: "Marcus Vitruvius Pollio" وقد نبغ في حدود سنة ٢٧ ق.م. ـ ١٤م، وكتب كتابه حوالي سنة ١٥ ق.م.، وذلك في العصر الذهبي لأوغسطس الذي دام حكمه زهاء ٤٥ عاما، وقد ظهرت الطبعة المصورة الأولى لكتاب فيتروفيوس سنة ١٥١١م، وقد امتد حكم أوغسطس Augustus من ٦٣ ق.م. الى ١٤ م.

(٢) "Ctesibius (Ktesibios)"

Dictionary of Scientific Biographies, Vol. (3), (1971), pp. 491 - 492.

(٣) أيضا «زُنْبركات»

* في قول آخر حوالي ٢٥ ق.م الى ما بعد ٤٠م.

(٤) وهو غير أبي يوسف يعقوب بن اسحاق الكندي (١٨٥ ـ ٢٥٢ هـ) = (٨٠١ ـ ٨٦٧م) الملقب بفيلسوف العرب.

(٥) عن مخطوط بمكتبة الأرثوذكس اليسوعيين ببيروت.

شكل (٢٠)
الأرغون الجامع لجميع الأصوات.

شكل (٢١)
فكرة الأرغون المائي لاكتاسيبيوس حيث يعمل وعاء الهواء بضغط الماء.

القرن وهي :

Carra de Vaux:

"Le Livre des Appareils Pneumatiques et des Machines Hydrauliques par Philon de Byzance", Paris Academie des Inscriptions et Belles Lettres, 38, (1903), Pt. I.

لكتاب فيلون البيزنطي الموسوم: «كتاب فيلون في الحيل الروحانية ومخانيقا الماء»[1] كما ينسب لفيلون «كتاب الدوائر المتحركة»، ويوجد مخطوط له بمكتبة جامعة الملك سعود بالرياض.

هذا ونسوق فيما يأتي مثالين من الحيل الواردة في كتاب فيلون يبين فيهما عمل السحارة العادية (المثعب أو السيفون (Siphon)، والسحارة المخنوقة (Jacketed Siphon).

[الحيلة] (٩)

صنعة أخرى

قد بينا أن السحارة لها شعبتان إذا وضعت في إناء مملو ماء، وبدأ أحد يجتر ذلك الماء بفية بالمصّ حتى إذا اتصل بالمصّ تركه، فإنّه يسيل أسفل الاناء».

[الحيلة] (١٠)

ولتلك الأنبوة عرض لكيما يخنق الأنبوبة خنقاً جيداً، وينبغي ان يكون فم الأنبوبة الأعلى مسدوداً جافاً، وأمّا الفم الأسفل فإنه ينبغي أن يكون مقطوعا من كلا الجانبين، لكيما إذا حبس على أسفل الاناء يكون للماء مسيل ومدخل حسن.

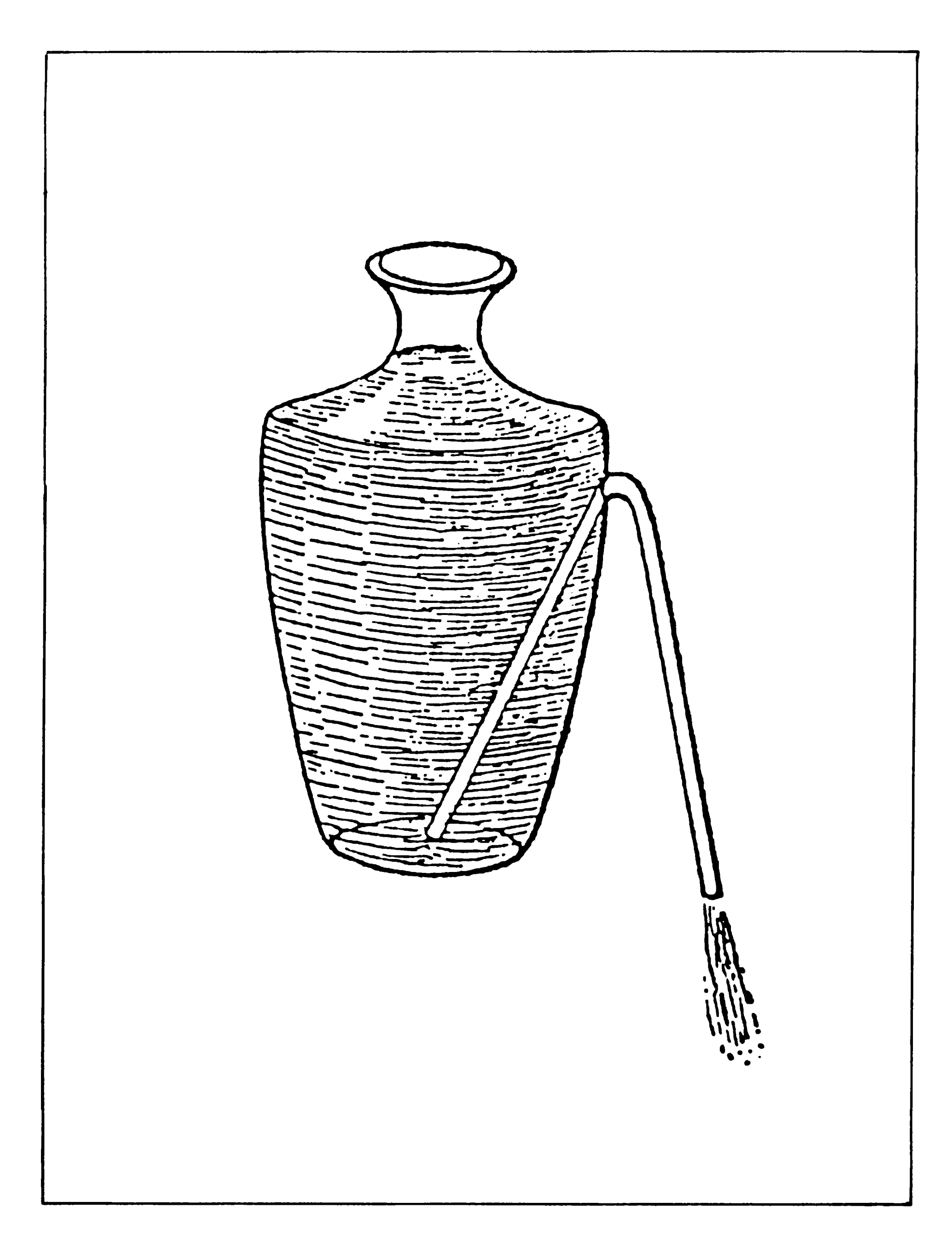
فلتكن علامة الاناء أ، والانبوب النافذ فيه القائم عليه ب، والانبوب الاعلى عليه ج، ومبلغ الماء عليه د، ومخرج الماء عليه ه.

فإذا هي ذلك كما وصفنا ينبغي أن يصب الماء في الاناء، فإنه اذا صب فيه قام ولم يسل، لأن الانبوب الاول الذي أدخل من أسفل الاناء مرتفع عن الماء، ويسمى هذا سحارة، فإذا ارتفع على السحّارة الماء مكانه يسيل خارجا من تلك السحّارة، فإذا بدأ السّيلُ يدفع الهواء الذي في السحارة، فاما من الانبوبة فقد دفع الهواء حيث كان ملأ الاناء، فهو بين ان ذلك الماء يسيل سيلانا دائما حتى يفرغ جميع ما في الاناء لحال العلة التي ذكرنا، وحيث وصفنا السحارة التي قبل هذه، وهذه السحارة تسمى المخنوقة.

فينبغي لنا الآن ان نعلم أنَّ هذا الاناء مما يحتاج إليه في أشياء كثيرة من تهيئة الآنية الروحانية كما قلنا فيما سلف، وهذا الفعل ايضا مثل أُسْطُقس من أُسْطُقسات هذه الصنعة، وهذه صورة ذلك».

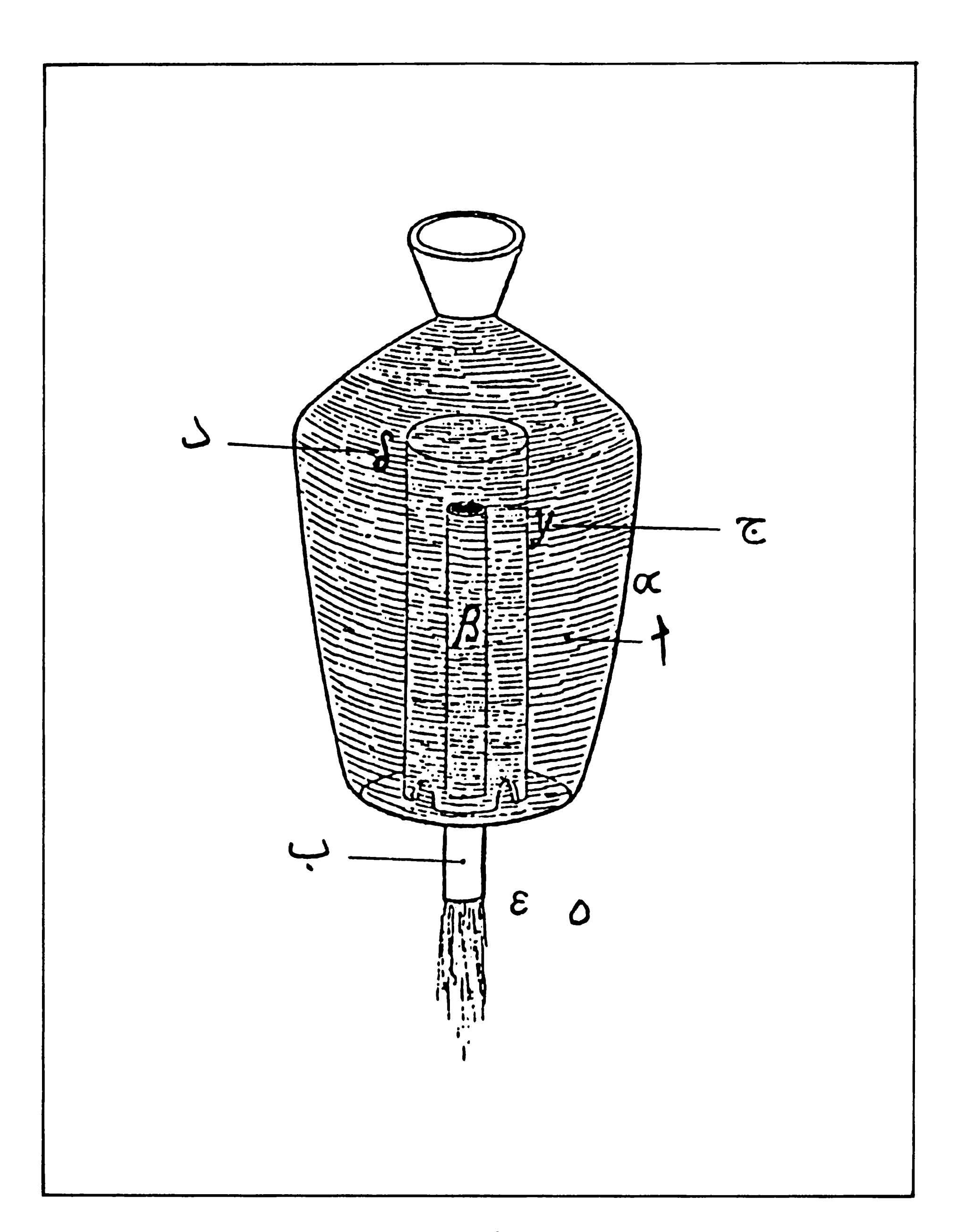
---

(١) راجع الدراسة المفصلة لهذا الكتاب في مؤلفنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية».

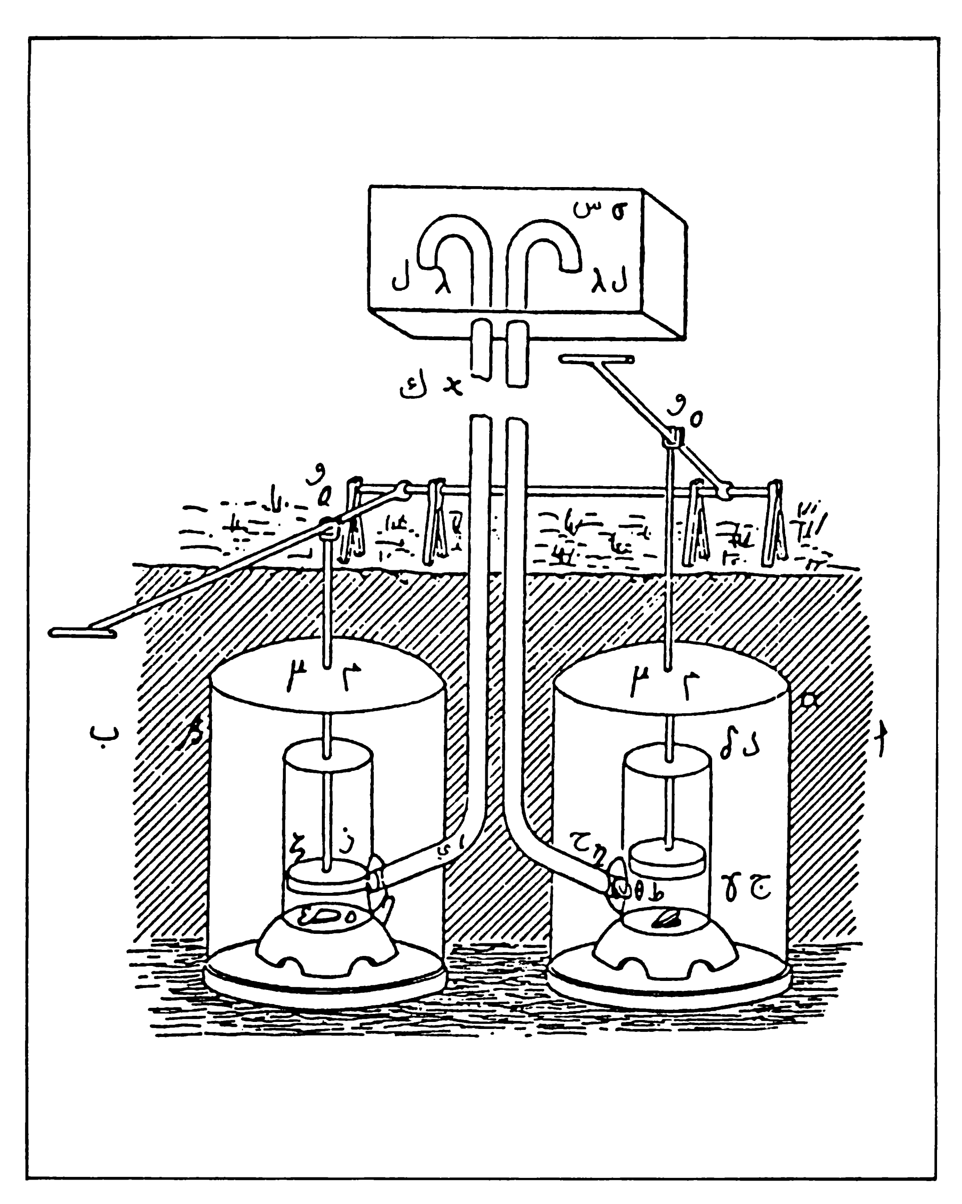


شكل (٢٢)

السَّحارة (المثعب أو السيفون: (Siphon) ذات الشعبيتين ـ من اعمال فيلون البيزنطي (راجع شكل ٦٦)



شكل (٢٣)
السحّارة المخنوقة ـ من أعمال فيلون البيزنطي.



شكل (٢٤)

المضخة الماصة الكابسة ذات الاسطوانتين اللتين تعملان بطريقة منفصلة كما وردت ضمن أعمال فيلون البيزنطي التي حققها ـ من المصادر العربية ـ البارون كارادي فو (Carra de Vaux) ، ولعلَّ هذه المضخة كانت النموذج الرائد لمضخة هيرون السكندري فيما بعد.

(راجع كتابنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية»).

مجموع في الحيل

محتويات مخطوط مكتبة جامعة مانشستر بانجلترا ـ رقم : [419] 351 ، ويشتمل على مائة ورقة :

الصفحات	
١ ـ ١٥/أ	«حكايات كتاب فيلون المخانيقي في الحيل» (Treatise of Philo of Byzantium on Pneumatics)
١٥/ب ـ ٥٠	كتاب في الحيل لمؤلف غير معلوم .
٥٠/ب	صور كتاب الحيل لبني موسى بن شاكر مما لخصه أبو حاتم المظفر بن اسماعيل الاسفزاري[1] رحمه الله ، ومنه التوفيق
٥١ ـ ٥٥	دراسة في الحيل لمؤلف مجهول .
٥٥/ ب ـ ٥٨	المقالة الثانية من كتاب ايرن المخانقي ، وهي في رفع الأشياء المثقلة بالقوة اليسيرة
٥٩ ـ ٦١	ما وجد من كتاب أيلونيوس في البكرة .
٦١ ـ ٧١	معاني كتاب ايرن المخانقي في رفع الاشياء الثقيلة بالقوة اليسيرة ـ المقالة الأولى منه .
٧٢ ـ ٨٢	المقالة الثانية من كتاب إيرن المخانقي في رفع الأشياء الثقيلة بالقوة اليسيرة .
٨٢/ب ـ ٨٣/أ	دراسة فارسية موجزة لدولاب مياه .
٨٣/ب	عجلة ميكانيكية .
٨٤/أ	ماكينة تعمل بالماء (إيدروليكية) .
٨٤/ب	رسالة الخارقي في اتخاذ الكرة التي تدور بذاتها بحركة مساوية لحركة الفلك
٨٥/أ	مدينة القسطنطينية ـ منسوبة لأرسطو.
٨٥/ب	صفحة فارغة
٨٦ ـ ٨٩	استكمال لما جاء بصفحة ٨٤/ب .
٩٠	صفحة فارغـــة .
٩١ ـ ٩٣	«نهاية الإدراك في دراية الافلاك» لقطب الدين محمود بن مسعود ابن مصلح الشيرازي (ت : ٧٢٨هـ = ١٣٢٧م) .
٩٤/أ	صفحة فارغـــة .
٩٤/ب ـ ١٠٠	دراسة في الميكانيكا وحركة الماء ، من تصنيف أبي حاتم المظفر بن اسماعيل الاسفزاري .

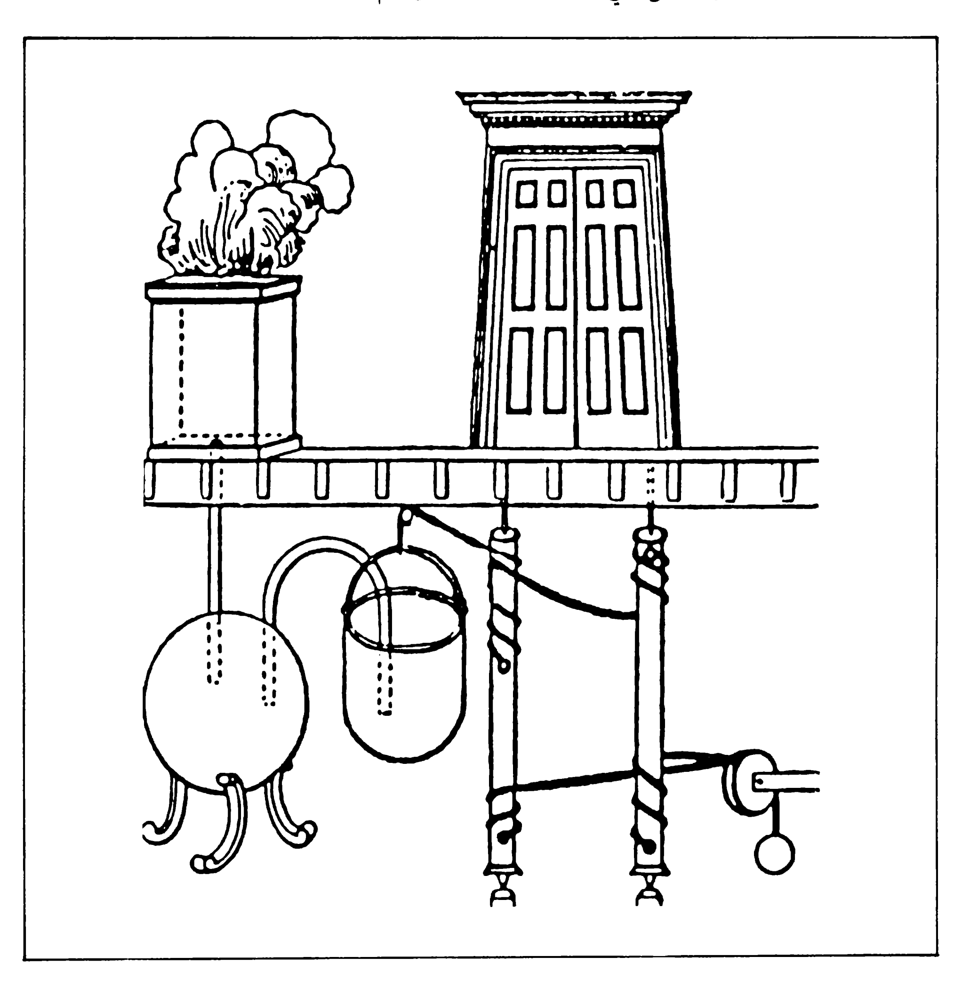
(١) توفي الإسفزاري سنة ٤٨٠هـ = ١٠٨٧م.

ويجيء في آخر المجموع العبارة الاتية :

«فإننا قد جمعنا في هذا الكتاب ما تناهى إلينا من كتب القدماء المصنفة في أنواع الحيل مثل : كتاب ايرن المخانقي .

ومثل ايلونيوس في انواع البكرات . .

وابتدأنا أولا بحكايات صور الحيل التي عملها الاخوان الذين هم محمد واحمد والحسن . . . » .



شكل (٢٥)

استغلال تمدد الهواء بالحرارة لاحداث حركة يخفى فاعلها كفتح الأبواب ، ومن ثم جاءت تسمية «الآلات الروحانية» .

من أعمال هيرون السكندري - القرن الأول للميلاد .

جدول «٥»

رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

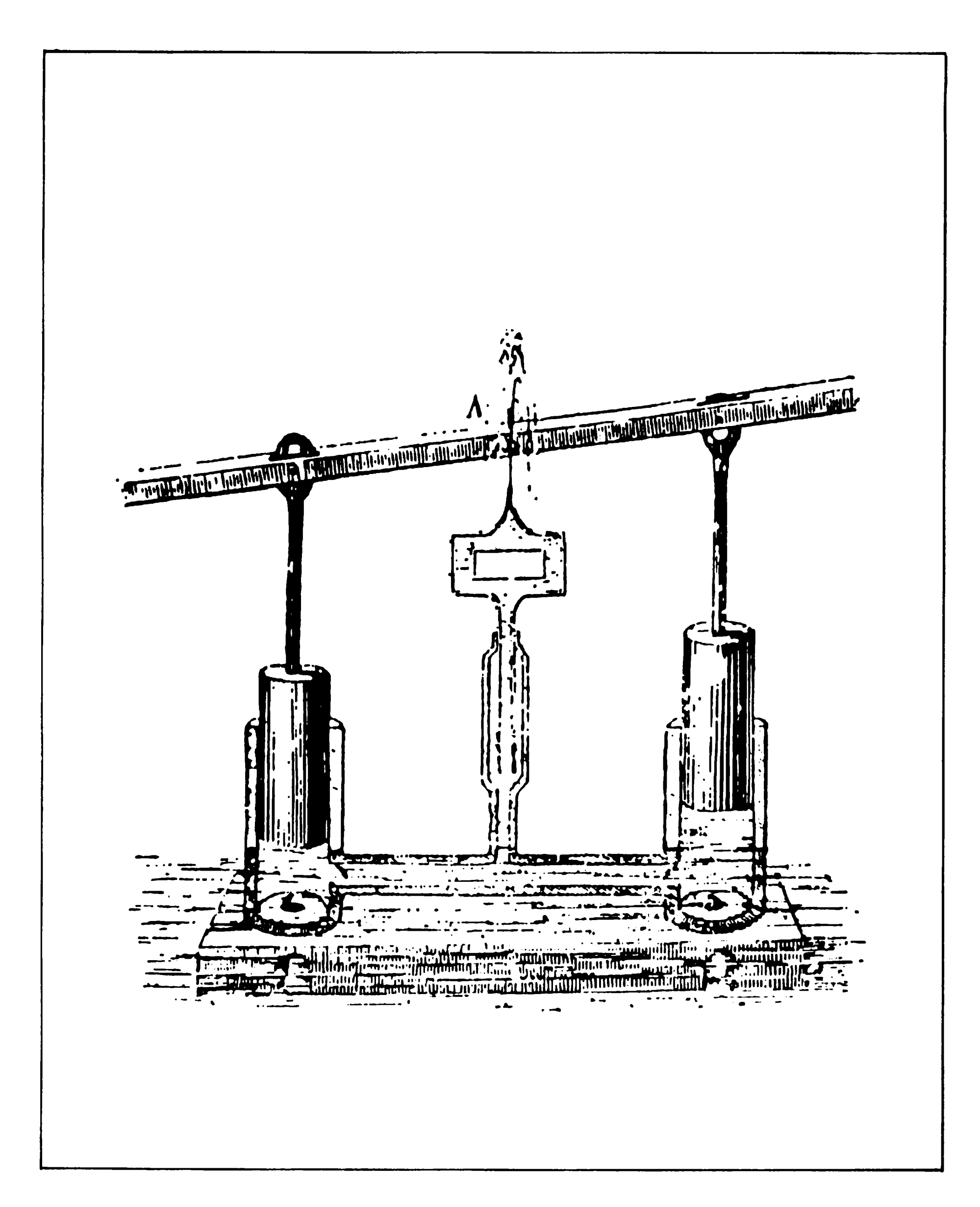
اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
إيران / إهرن هيرون السكندري إهرن الكبير Hero or Heron of Alexandria	النصف الثاني من القرن الأول للميلاد (أشار الى الخسوف الذي حدث في ١٣ مارس سنة ٦٣م)	كتاب شيل الأثقال كتاب الحيل الروحانية كتاب في الأشياء المتحركة من ذاتها كتاب العمل بالاسطرلاب	فهرست ابن النديم : ٣٩٠، ٤١١
		كتاب «رفع الأشياء الثقيلة» ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكي	مخطوط مكتبة أيا صوفيا باستانبول معهد المخطوطات العربية بالقاهرة
		كتاب «الحيل الروحانية» ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكي .	
		"Spiritalium Liber", Published in Latin at Urbino in 1575 (On Pneumatics)	Science Museum, London
		"Mechanici" Published in Latin & Italian at Venice in 1572. (Machines of War) آلات الحرب .	Science Museum, London

جدول «٦»

رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

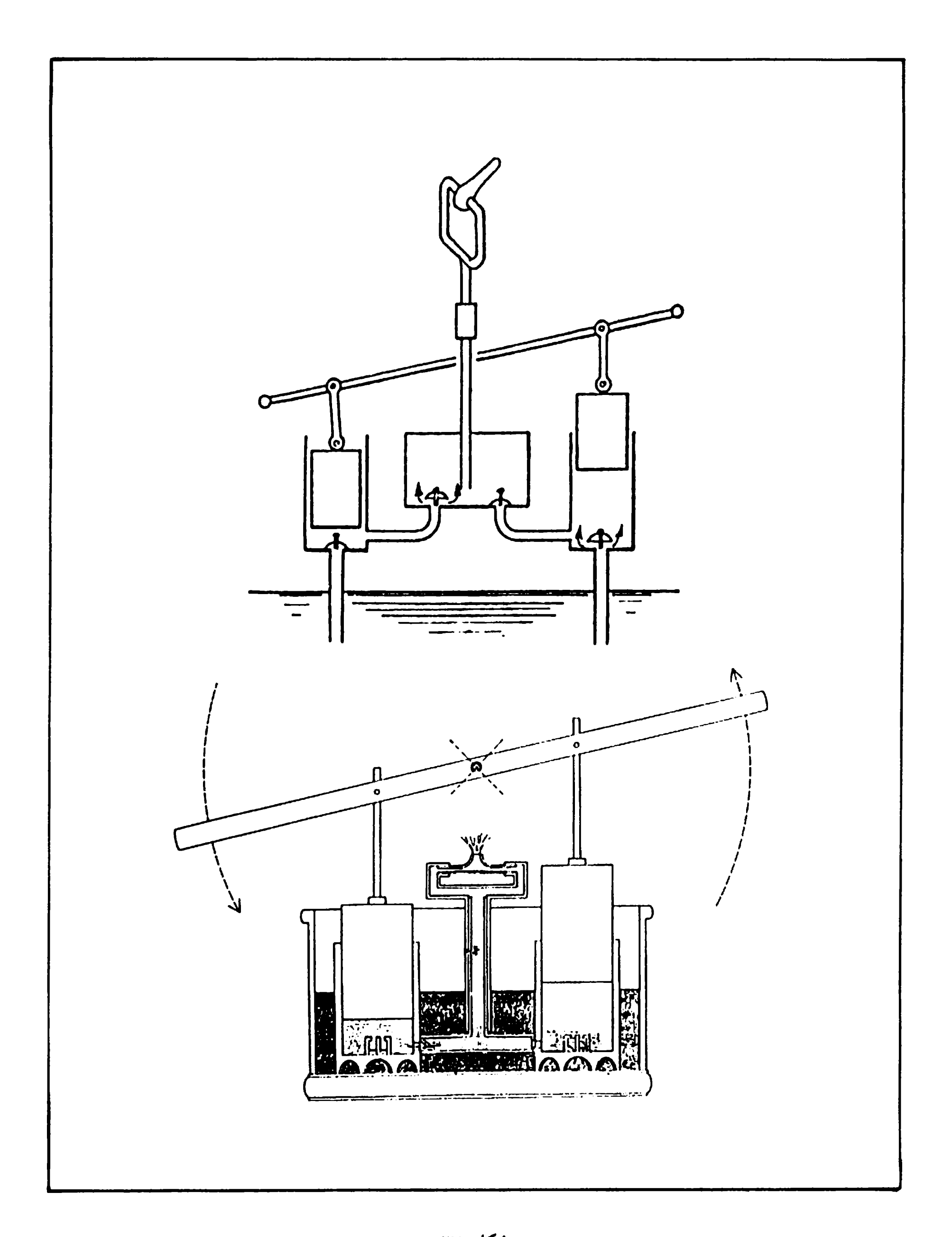
اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
تابع هيرون السكندري Heron of Alexandria	النصف الثاني من القرن الأول للميلاد	المضخة الترددية الماصة الكابسة، ذات الأسطوانتين والكابسين، المستعملة في ضخ الماء لاسيما لاخماد الحرائق: Hero's Fire Engine	
		النموذج الأول لتربينة (عنفة) تقوم على مبدأ رد الفعل المقابل لنفث البخار ليحدث حركة دوارة: Hero's Aeolipile *	عن كتاب "Opera" لهيرون السكندري
		آلة إبصار على زاوية قائمة مزودة بميزان ماء (Dioptra) هي رائدة آلة الترانزت Transit المستعملة في العصر الحاضر في أعمال المساحة.	

* نسبة الى كلمة Aeolus الاغريقية التي تعني آله الريح.



شكل (٢٦)

رسم قديم للمضخة الماصة الكابسة (Force Pump) من أعمال هيرون السكندري، حيث يجري تشغيل الكابسين في الأسطوانتين بذراع واحدة، فبينما يحدث السحب في إحدى الأسطوانتين، يتم الدفع أو الكبس في الاسطوانة الأخرى، ويخرج الماء من منفث مشترك، وقد عرفت هذه المضخة لعدة قرون بمضخة هيرون لاخماد الحريق (Hero's Fire Engine).

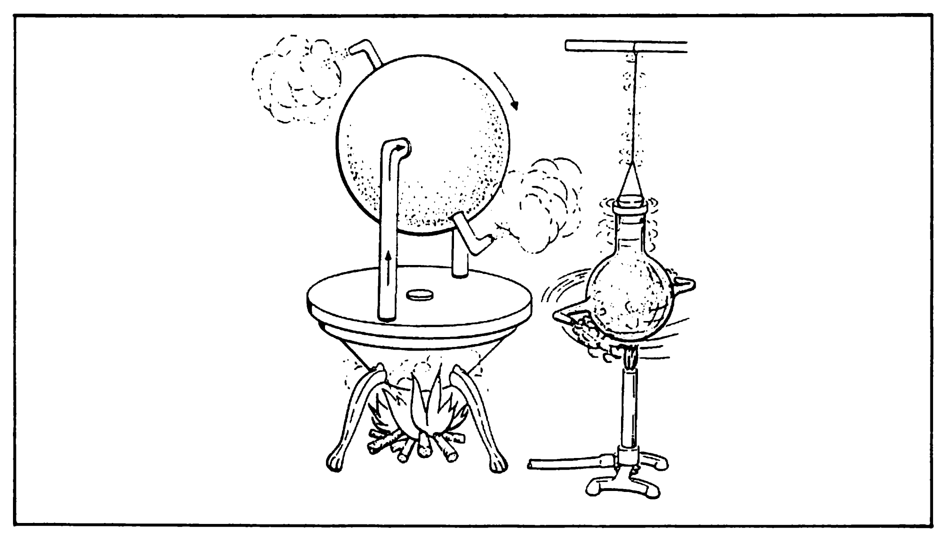


شكل (٢٧)

المضخة الدفعية لهيرون السكندري، وقد استعملت لقرون عديدة لاسيما لاطفاء الحرائق (Hero's Fire Engine) .

شكل (٢٨)

فكرة رد الفعل النفاث لهيرون السكندري حيث يدخل البخار عند طرفي قطر كرة، ليخرج منها من منفثين معقوفين لتحدث حركة دوارة للكرة. (Hero's Aeolipile *).



شكل (٢٩)

استخدام مبدأ الدفع النفاث (Jet Propulsion) في تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة حركية (ميكانيكية).

* نسبة الى Aeolus آله الريح عند الاغريق.

عن أعمال هيرون السكندري

ينسب الى هيرون السكنـدري كتاب في الميكانيكيا (ميكانيكا هيرون السكندري) نقله الى اللسان العربي قسطا بن لوقا البعلبكي حوالي سنة ٢٥٠هـ = ٨٦٤م، وترجمه الى الفرنسية البارون كارا دي فو، كما أشار اليه دراخمان:

Carra de Vaux:

"Les Mecaniques ou L'Elevateur de Heron d'Alexandrie sur la Version Arabe de Qosta ibn Luqa",

JA, 9 Serie, (1893), Tome I, pp. 386-472: Tome II, pp. 152-292, 193-269, 420-514.

A.G. Drachmann:

"The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity", Copenhagen/Madison/London 1963.

ويروي أبوعمر محمد بن يوسف بن يعقوب الكندي (وكان حيا حوالي سنة ٣٥٩هـ = ٩٧٠م)[1] أن هيرون قد كتب في الآلات التي تعمل بالهواء، كما أنه اشتغل بعمل الساعات وأجهزة قياس الوقت[2].

مخطوطات عربية لأعمال هيرون السكندري
ومن تلاه من علماء الاغريق والروم

١ ـ «كتاب إيرن في رفع الأشياء الثقيلة»

لإيرن السكندري.

ترجمة قسطا بن لوقا البعلبكي.

ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: رياضة ـ ٦٦٨، ويشتمل على ٤٧ ورقة، كتبت بخط نسخي مقروء حوالي سنة ١٠٠٠هـ = ١٥٩١م.

٢ ـ «كتاب جر الأثقال»

ـ مخطوط بمكتبة بشير أغا باستانبول.

٣ ـ «كتاب الحيل ورفع الأشياء الثقيلة»

ـ مخطوط بمكتبة جامعة استانبول (أيا صوفيا سابقا) ـ رقم: ٢٧٥٥، ويشتمل على ما يأتي:

الكتاب الأول: ميكانيكا هيرون السكندري.

---

(١) وهو غير أبي يوسف يعقوب بن اسحاق الكندي (١٨٥ ـ ٢٥٢هـ) = (٨٠١ ـ ٨٦٧م)، الملقب بفيلسوف العرب. GAL-I: 149 .

(٢) عن مخطوط بمكتبة الأرثوذكس اليسوعيين ببيروت.

الكتاب الثاني : كتاب الدواير المتحركة من ذاتها (كما في مخطوطة أكسفورد) .

الكتاب الثالث: بعنوان :

«هذه رسالة لمورسطس الحكيم : صنعة الأرغين البوقي».

الكتاب الرابع : بعنوان :

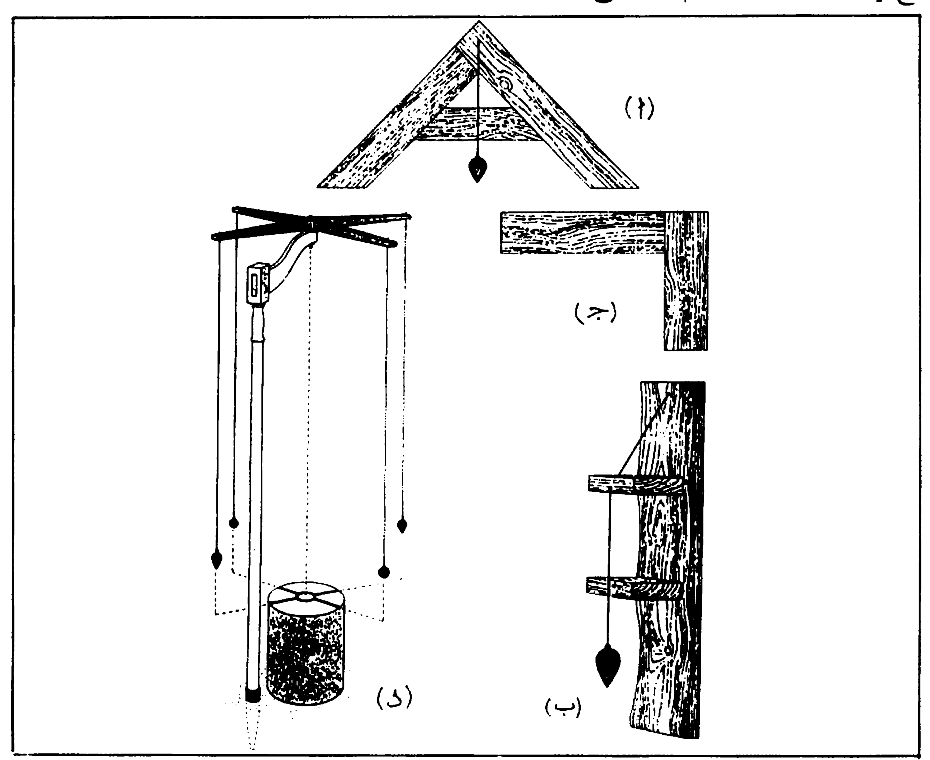
«هذه رسالة أخرى لمورسطس الحكيم : صنعة الأرغين الزمري» .

الكتاب الخامس: كتاب «الآلات الروحانية» لفيلون البيزنطي .

٤ ـ «كتاب إرن في رفع الأشياء الثقيلة»

نقله من اللسان اليوناني الى اللسان العربي قسطا بن وقا البعلبكي (نبغ في حدود سنة ٢٢٠هـ = ٨٣٥م) .

طبع في باريس سنة ١٨٩٤م بتصحيح البارون كارا دي فو (Carra de Vaux) .



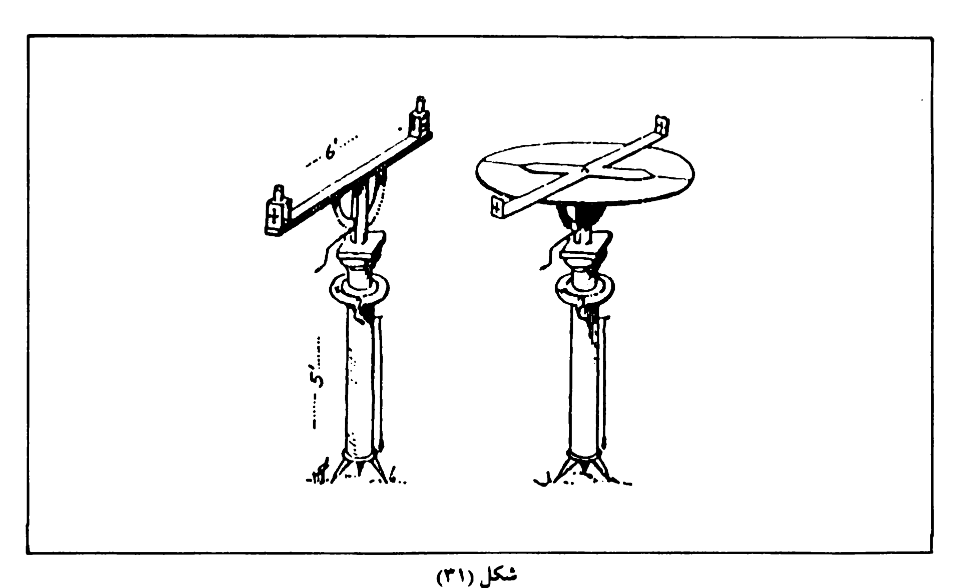
شكل (٣٠)

أدوات ضبط المستوى الأفقي (أ)، والمستوى الرأسي (ب)، وتحقيق التعامد (جـ)، وجدت كلها في طيبة، ويرجع تاريخها الى حوالي ١١٠٠ق.م. (د) أداة من الحضارات القديمة لعمل الزوايا القائمة، عرفت عند الرومان بكلمة (Groma) .

جدول «٧»

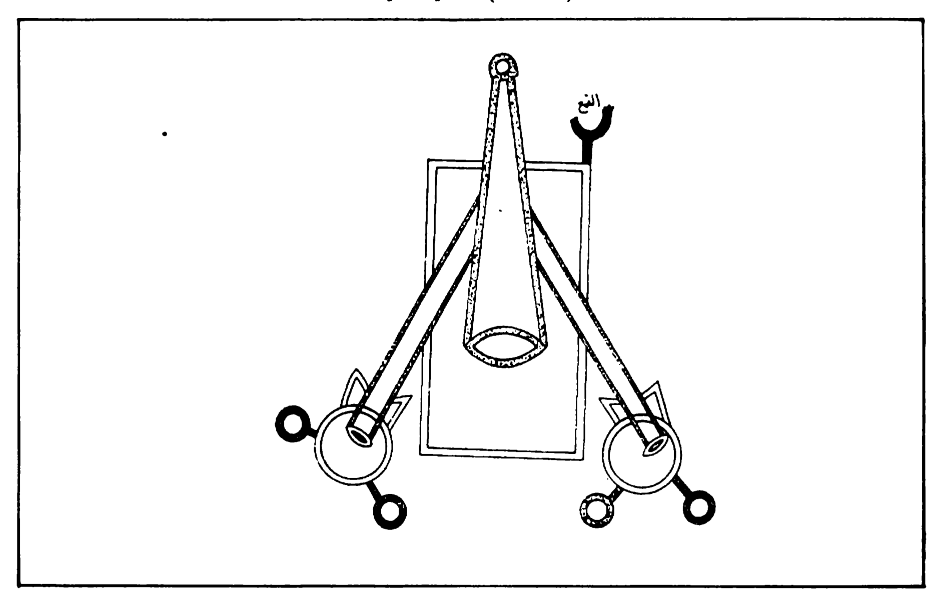
رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
بطلميوس القلوذي السكندري Ptolemaeus Claudius Ptolemy of Alexandria.	ت : ١٦٨م	كتاب «المجسطي» (Almagest) كتاب في علم هيئة الفلك وحركات الكواكب بالبراهين الهندسية ، وهو أهم ما صُنِّف في الهيئة في الحضارة الاغريقية . وله تحريرات وشروح كثيرة . عربه حنين بن اسحق .	أصل اللفظ ماجستوس ، وهو يوناني مذكر معناه البناء الكبير، ومؤنثه ماجستي . أول من عمل الاسطرلاب الكري والآلات النجومية
بروكليس Proclus	٤١٢ ـ ٤٨٥م	ألف في الهندسة	
ثاون الاسكندراني		كتاب «العمل بذات الحلق» كتاب «العمل بالاسطرلاب»	فهرست ابن النديم : ٣٨٩
مورطس ويقال : مورسطس		كتاب في الآلات المُصوِّتة المسماة بالأرغن البوقي والأرغن الزمري . كتاب آلة مصوتة تسمع على ستين ميلا .	فهرست ابن النديم : ٣٩١



شكل (٣١)

أداة إبصار للتعامد تعرف بـ (Hero's Dioptra)، الأداة الى اليسار مزودة بميزان ماء، أما الأداة الى اليمين فهي الأداة الرائدة لآلة الترانزيت (Transit) المساحية الحديثة.



شكل (٣٢)

آلة الأرغون المصوِّتة التي تُسمع على بعد ستين ميلا لمورطس أو مورسطس.

جدول «٨»

رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر وملاحظات
تابع مورطس أو مورسطس		كتاب «آلة الزمر البوقي» كتاب «الزمر الريحي» كتاب «الدواليب» كتاب «الأرغن»	فهرست ابن النديم : ٤١١
ساعاطس		كتاب «الجلجل الصياح»	فهرست ابن النديم : ٣٩١
هرقل النجّار		كتاب «الدوائر والدواليب»	فهرست ابن النديم : ٣٩١, ٤١١
بادرو غوغيا		كتاب «استخراج المياه»	فهرست ابن النديم : ٣٩١

٢, ٢, ٢ ـ رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

تسجل الجداول (٩) الى (١٧) التتابع الزمني لمن اهتم من علماء العرب والمسلمين بهندسة الحركات، كما تبين هذه الجداول أهم إنجازاتهم في هذا المجال وما حقق منها وما نشر وما ترجم عسي أن يعيننا ذلك على رسم القسمات العامة لجهد العرب والمسلمين في صنعة الآلات.

هذا وقد ارتأينا لاتمام الفائدة أن نردف الجدول (١٨) لبيان أهم المصادر التي يمكن الرجوع إليها في مجالات التصنيف والتراجم واللغة.

جدول «٩»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب/العمل	مصادر وملاحظات
الفزاري أبواسحاق ابراهيم بن حبيب الفزاري	حوالي ١٨٤هـ ٨٠٠م	«كتاب العمل بالاسطرلاب، وهو ذات الحلق». «كتاب العمل بالاسطرلاب المسطح».	فهرست ابن النديم: ٣٩٥ كشف الظنون: ١٣٩٠
ما شاء الله ابن أثري	حوالي ٢٠٠هـ ٨١٥م	«كتاب صنعة الاسطرلابات والعمل بها». «كتاب ذات الحلق».	فهرست ابن النديم: ٣٩٦
الفرغاني محمد بن كثير	حوالي ٢٤٧هـ ٨٦١م	«كتاب عمل الرخامات».	فهرست ابن النديم: ٤٠٣
المروزي الحاسب حبش بن عبدالله	حوالي ٢٢١هـ ٨٣٥م	«كتاب عمل الاسطرلاب». «كتاب الرخائم والمقاييس».	فهرست ابن النديم: ٣٩٨
الخوارزمي محمد بن موسى	ت: ٢٣٦/٣٢هـ ٤٦/٨٥٠م	«كتاب الرخامة». «كتاب العمل بالاسطرلاب». «كتاب عمل الاسطرلاب».	فهرست ابن النديم: ٣٩٧
بنو موسى بن شاكر	حوالي ٢٦١هـ ٨٧٤م	«كتاب الحيل» لبني موسى «كتاب بني موسى في القرسطون».	تم تحقيقه ونشره وترجمته فهرست ابن النديم: ٣٩٣، ٤١١

جدول «٩٠»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
عطارد بن محمد الحاسب المنجم		«كتاب العمل بالاسطرلاب». «كتاب العمل بذات الحلق». «كتاب المرايا المحرقة».	فهرست ابن النديم ٠ ٤٠١
قسطا بن لوقا البعلبكي	٢٠٥ ـ ٣٠٠هـ ٨٢٠ـ ٩١٢م	ترجمة «كتاب الحيل الروحانية» لايرن.	
ثابت بن قرة الحراني الصابي	٢٢٢ ـ ٢٨٩هـ ٨٣٦ ـ ٩٠١م	كتاب «رخامات آلات الساعات».	مخطوط مكتبة كويريلي باستانبول رقم: ٩٤٨
النيريزي أبوالعباس الفضل ابن حاتم النيريزي	ت: ٣١١/٣١٠هـ ٩٢٣/٩٢٢م	«كتاب البراهين وتهيئة آلات يتبين فيها أبعاد الأشياء»	فهرست ابن النديم: ٤٠٣

جدول «١١»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
ابراهيم بن سنان الجرجاني الحراني الصّابي، أبواسحق	ت: ٣٣٥هـ = ٩٤٦م	«كتاب الرخامة»	عمله في السادسة عشر من عمره، وأقام عليه البرهان (عن حاجي خليفة ص: ١٤٢٠)
		«كتاب آلات الاظلال»	نفس الملاحظة السابقة (ص: ١٣٩٦)
ابوعمر محمد بن عبد الواحد غلام ثعلب	ت: ٣٤٥هـ = ٩٥٦م	«كتاب الساعات»	كشف الظنون ص: ١٤٢٣
السجزي أبوسعيد السنجري	نبغ حوالي ٣٥٨هـ ٩٦٩م	«مقدمة لصنعة آلة تعرف بها الابعاد»	مخطوط بمكتبة جامعة كولومبيا (Columbia) بالولايات المتحدة الأمريكية.

جدول «١٢»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
القوهي أو الكوهي أبوسهل ويجن بن رستم	٣٨٠هـ ٩٩٠م	«كتاب صنعة الاسطرلاب بالبراهين (مقالتان)». «كتاب البركار التام (مقالتان)».	فهرست ابن النديم : ٤٠٩
بنو الصباح محمد وابراهيم والحسن		«كتاب برهان صنعة الاسطرلاب». «كتاب رسالة محمد في صنعة الرخامات». «كتاب العمل بذات الحلق» للحسن بن الصباح	فهرست ابن النديم : ٣٩٩ فهرست ابن النديم : ٤٠٠
الكاتب الخوارزمي أبوعبدالله محمد بن أحمد بن يوسف (ت : ٣٨٧هـ = ٩٩٧م)	جرى التأليف في الفترة : ٣٦٥ـ ٣٨١هـ ٥/٩٧٦ـ ١/٩٩٢م	كتاب «مفاتيح العلوم» وبه مواضعات صنعة الآلات	مطبوع عدة طبعات
الشلوي أبوعبدالله محمد بن الحسن ابن أخي هشام الشلوي		«كتاب عمل الرخامة المنحرفة». «كتاب عمل الرخامة المطبلة». «كتاب صنعة البنادق». «كتاب عمل الارتفاع والسموت»	فهرست ابن النديم : ٤٠٥

جدول «١٣»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب/العمل	مصادر
ابن السمح أبوالقاسم اصبع بن محمد بن السمح الغرناطي	ت: ٤٢٦هـ = ١٠٣٤م	«كتاب الاسطرلاب»	يقول عنه حاجي خليفة (ص: ١٣٩) «وهما كتابان أحدهما في الآلة المسماه بالاسطرلاب وفى التعريف بصورة صنعتها، والاخر في العمل بها. وهو على مائة وثلاثين بابا».
الأدمي أبوعلي الحسين بن محمد		«كتاب الحرافات والخيطان وعمل الساعات»	فهرست ابن النديم: ٤٠٥
الاسفزاري أبوحاتم المظفر بن اسماعيل الاسفزاري	ت: ٤٨٠هـ ١٠٨٧م	اختصار «كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر.	
أبوالحسن محمد بن عيسى ابن أبي عباد		«كتاب العمل بذات الشعبتين» .	فهرست ابن النديم: ٤٠٣
الحاج يعيش الحاج يعيش المالقي المهندس	ت نحو ٥٦٠هـ ١١٦٥م	صُنْع مقصورة ومنبر وضعا على حركات هندسية لدخول الخليفة وخروجه بحيث لا يرى تدبير الحركة.	الأعلام ـ ٩: ٢٧٢

جدول «١٤»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
الخازني أبومنصور أبوالفتح عبدالرحمن ابن أبي الصلت أمية بن عبدالعزيز	ألف سنة : ٥١٥هـ ١١٢١م ٤٦٠ - ٥٢٩هـ ١٠٦٨-١١٣٥م	كتاب «ميزان الحكمة» كتاب الآلات العجيبة الرصدية» رفع المراكب الغارقة	مطبوع كشف الظنون : ١٣٩٦ معجم الأدباء لياقوت الحموي
السموأل المغربي السموأل بن يحيى بن عباس المعروف بالمغربي	ت : ٥٧٠هـ ١١٧٥م	كتاب «إعجاز المهندسين» كتاب «المبادىء والغايات في وضع جميع الآلات»	ألّفه سنة ٥٦١هـ = ١١٦٥م
مؤلف مجهول		«كتاب الدواليب والأرحا والروايس المتحركة من تلقاء ذواتها» .	مخطوط فلورنسا
مؤلف مجهول		«كتاب الحيل والأمور العجيبة في عمل آلات الماء»	مخطوط باستانبول
الجزري بديع الزمان اسماعيل ابن الرزاز الجزري	ت : ٦٠٣هـ ١٢٠٦م	كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل» أو «كتاب في معرفة الحيل الهندسية» . ألّفه سنة ٦٠٢هـ = ١٢٠٥م	تم تحقيقه ونشره وترجمته إلى اللغة الانجليزية

جدول «١٥»

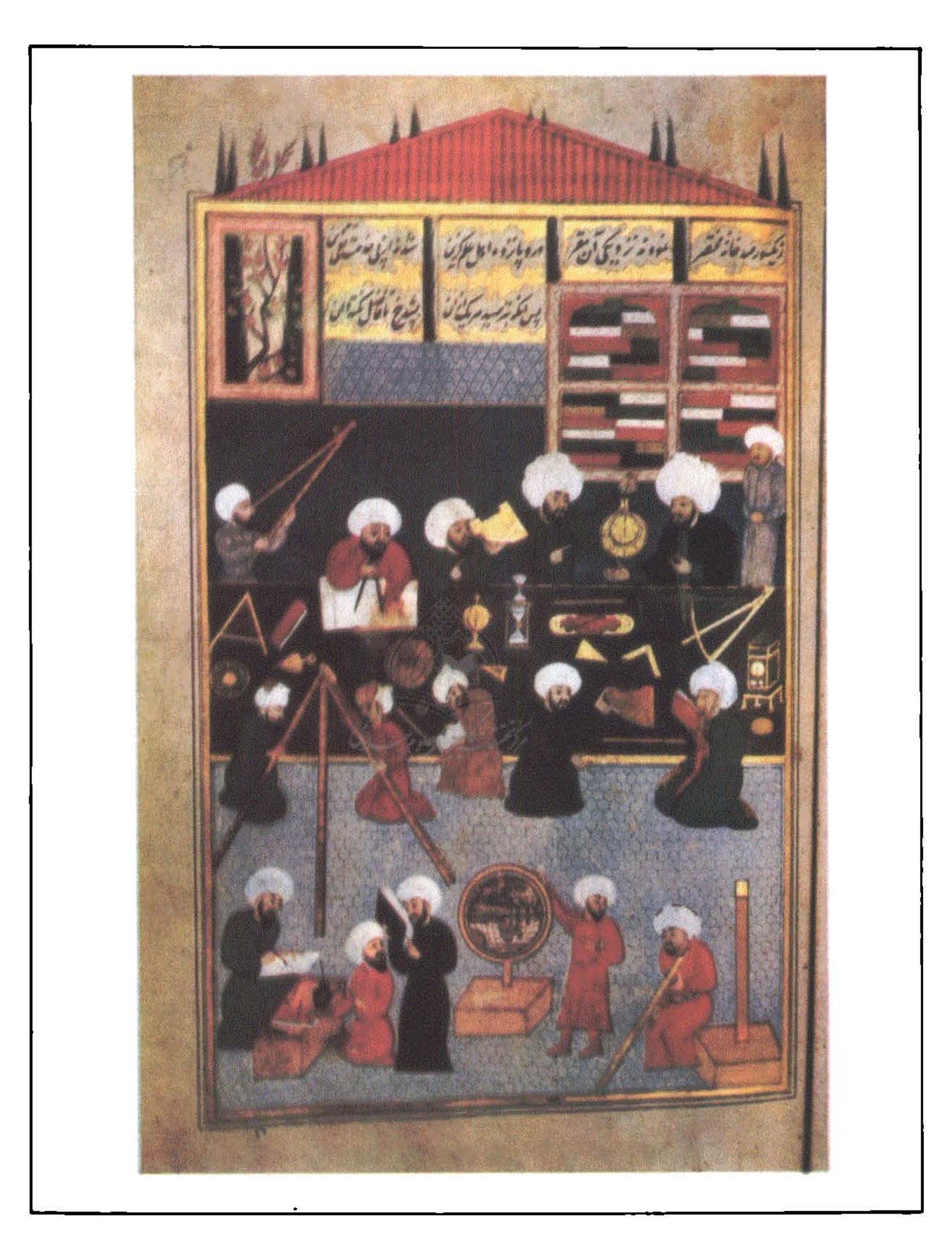
رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
رضوان الساعاتي فخر الدين رضوان بن محمد الساعاتي	حوالي ٦٠٠هـ ١٢٠٣م	كتاب «علم الساعات والعمل بها» وصف ساعة باب جهرون	مخطوط مكتبة كوپريلي رقم: ٩٤٩. مخطوط مكتبة جوتا.
سديد الدين بن رقيقة (طبيب)	٤/ ٥٦٥ ـ ٥/ ٦٣٦هـ ٨/ ١١٦٩ ـ ٧/ ١٢٣٨م	دراسة حيل بني موسى	ابن أبي أصيبعة ص: ٢٢٠.
الطوسي نصير الدين الطوسي	٥٩٨ـ ٦٧٣هـ ١٢٠١ ـ ١٢٧٤م	الحركة الدويرية Epicyclic Motion	
ابن الحاج محمد بن علي ابن الحاج	ت: ٧١٤هـ ١٣١٥م	نقل الأجرام ورفع الأثقال. الدولاب المنفسح القطر، البعيد المدى والمحيط، المتعدد الأكواب الخفي الحركة. الآلات الحربية.	«الاعلام»، الطبعة الثالثة، الجزء ٧.
ابن الشاطر أبوالحسن علاء الدين علي ابن ابراهيم بن محمد الأنصاري المؤقت	٣/ ٧٠٤ ـ ٧٧٧هـ ٣/ ١٣٠٤ ـ ١٣٧٥م	كتاب «الأشعة اللامعة في العمل بالآلة الجامعة». «رسالة في الاسطرلاب». «مختصر في العمل بالاسطرلاب».	

جدول «١٦»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب/العمل	مصادر
مؤلف مجهول	تاريخ النسخ: ٨٤٠هـ ١٤٣٦م	«كتاب خزانة السلاح». (مختارات في وصف السلاح)	مخطوط بالقاهرة.
ابن أرنبغا الزردكاش	تاريخ التأليف: ٨٦٧هـ ١٤٦٢م	كتاب «الأنيق في المناجنيق»	تم تحقيقه ونشره. مخطوط باستانبول
ابن معروف تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي	٩٣٢/٢٧- ٩٩٣هـ	كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية». تم تأليفه سنة ٩٥٩هـ = ١٥٥٢م.	نشرته جامعة حلب. مخطوط بمكتبه شستربيتي بدبلن.
	١٥٢٦/٢٠- ١٥٨٥م	كتاب «الكواكب الدرية في البنكامات الدورية». تم تأليفه عام ٩٦٦هـ = ١٥٥٩م.	
		كتاب «ريحانة الروح في رسم الساعات على مستوى السطوح». تم تأليفه عام ٩٧٥هـ = ١٥٦٨م.	



شكل (٣٣)

لوحة فارسية المصدر لتقي الدين بن معروف الراصد الدمشقي يظهر فيها وهو يراقب ثلاث جماعات من معاونيه (كل جماعة تضم خمسة علماء) في المرصد الذي شيد على عصره في استانبول.

جدول «١٧»

رواد هندسة الحركات من علماء العرب والمسلمين

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب / العمل	مصادر
كتبه بالاسبانية : ابراهيم بن أحمد بن غانم بن محمود بن زكريا الأندلسي المشهور بالرباش . وترجمه الى العربية : أحمد بن قاسم بن الفقيه بن الحجري الأندلسي .	التأليف في حدود : ١٠٠٨هـ ١٥٩٩م والترجمة سنة ١٠٤٨هـ ١٦٣٨م	كتاب «العز والمنافع للمجاهدين في سبيل الله بآلات الحروب والمدافع»	مخطوط بالخزانة التيمورية بالقاهرة ومخطوط بالخزانة العامة بالرباط .

٣,٢,٢ ـ مصادر هندسة الحركات في الحضارة الإسلامية

تعتمد هذه الدراسة الوثائقية لصنعة الآلات عند العرب والمسلمين على تحقيق ودراسة وتحليل وتقويم المصادر الأصلية ، ألا وهي المخطوطات العربية التي عرضت لهذا الجانب من النشاط الهندسي بدءا بما أخذه العـرب والمسلمون عن الحضارات التي سبقتهم ، لاسيما حضارة الاغريق وحضارة الروم (البيزنطيين) ، وما توصلوا اليه من مفاهيم صحيحة وأفكار أصيلة ، وما قدموه وأضافوه من ابتكارات عظيمة .

ومن ثم فإن الشق الاول من هذه الدراسة يقدم عرضا لاهم رواد هندسة الحركات من علماء الاغريق ، وبيانا لأهم منجزاتهم ، وذلك في الفترة الممتدة من القرن الرابع قبل الميلاد الى القرن السادس بعد الميلاد ، وهذه بلا شك هي نقطة البدء التي بدونها لا تصح دراسة جادة ومنصفة لصنعة الآلات ، ذلك ان العرب والمسلمين اهتموا منذ صدر حضارتهم باصدار وتحرير وشرح الترجمات العربية لأمهات كتب الاغريق والروم في هندسة الحركات مثل جر الاثقال ورفعها ، وعمل الساعات والآلات الروحانية (الآلات التي تعمل بالهواء أو بالبخار) ، وميخانيقا الماء (الآلات التي تعتمد على حركة الماء) ، وصنعة الأواني العجيبة التي تعتمد فيها تعتمد على فكرة المثعب ، وعلى ضرورة عدم الخلاء ، وحيل اخراج الماء الى جهة العلو ، وآلات الحرب ، ورمي الحجارة ، والمرايا المحرقة ، والآلات التي تتحرك ممن تلقاء ذاتها الخ .

جدول «١٨»

مصادر للتصنيف والتراجم واللغة

اسم المؤلف	الحقبة الزمنية	اسم الكتاب
أبونصر الفارابي (المعلم الثاني)	٢٦٠ ـ ٣٣٩هـ ٨٧٤ ـ ٩٥٠م	«إحصاء العلوم»
أبوعبدالله محمد بن أحمد ابن يوسف الكاتب الخوارزمي	ت ـ ٣٨٧هـ ـ ٩٩٧م	«مفاتيح العلوم» ألفه بين ٣٦٥ ـ ٣٨١هـ ٩٧٦/٥ ـ ٩٩٢/١م
ابن النديم	٢٨٤ ـ ٣٨٥هـ ٨٩٧ ـ ٩٩٥م	«الفهرست» ألفه سنة ٣٧٧هـ ٩٨٨/٧م
ابن جبير	٥٤٠ ـ ٦١٤هـ ١١٤٥ ـ ١٢١٧م	«رحلة ابن جبير»
ابن منظور	٦٣٠ ـ ٧١١هـ ١٢٣٢ ـ ١٣١١م	«لسان العرب» ألفه سنة ٦٨١هـ = ١٢٨٢م
الفيومي	نحو ٦٩٠ ـ ٦٠/٧٧٠هـ نحو ١٢٩١ ـ ٥٨/١٣٦٨م	«المصباح المنير» ألفه سنة ٧٢٥هـ = ١٣٢٥م
ابن خلدون	٧٣٢ ـ ٨٠٨هـ ١٣٣٢ ـ ١٤٠٦م	«كتاب العبر وديوان المبتدأ والخبر» (مقدمة ابن خلدون)
أحمد بن مصطفى الشهير بطاش كبري زاده	٩٠١ ـ ٩٦٨هـ ١٤٩٥ ـ ١٥٦١م	«مفتاح السعادة ومصباح السيادة في العلوم» ألفه سنة ٩٤٨هـ = ١٥٤٢/١م
شهاب الدين أحمد الخفاجي المصري	٩٧٧ ـ ١٠٦٩هـ ١٥٧٠/٦٩ ـ ٥٨/١٦٥٩م	«شفاء الغليل فيما في كلام العرب من الدخيل»
حاجي خليفة أو كاتب چلبي	ـ ١٠٦٧هـ ـ ١٦٥٧م	«كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون»

هذا وقد استوعب علماء العرب والمسلمين التقنيات الاغريقية استيعابا تاما مكنّهم ليس من حفظ تراث الاغريق فحسب، وانما أتاح لهم ذلك الاستيعاب فرص التحسين والتطوير والابداع والابتكار، وما إن حل القرن الثالث للهجرة (القرن التاسع الميلادي) حتى آتت الترجمة أكلها حين ظهر «كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر، وهو باكورة إنتاج العرب والمسلمين في هندسة الحركات، وعن هذا المصنف يقول ابن خلكان في كتابه «وفيات الأعيان»[1] : «وهو عجيب نادر، يشتمل على كل نادرة، وقد يكون هو الكتاب الأول الذي يبحث في الميكانيك.

ولقد وقفت عليه فوجدته من أحسن الكتب وأمتعها، وهو مجلد واحد . . »

كما ينسب الى بني موسى كتاب في الآلات الحربية[2] .

ولعله يكـون من المناسب ان نعرض ببعض التفصيل لعبارة «الآلات الروحانية» التي أخذها علماء العرب والمسلمين عن علماء الاغريق، ويبدو أن هذه التسمية قد أطلقت على كل الحيل التي يعزب على المشاهد رؤية ما يبعث حركتها، وكأنما تقوم أرواح خفية باحداث هذه الحركات، كما كان يحدث ـ في الحضارة الاغريقية ـ من فتح الابواب وبعث الموسيقى وما الى ذلك من الحيل، ويتضح ذلك من تعريف حاجي خليفة في كتابه «كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون»[3]، حيث يقول :

علم الآلات الروحانية

«المبنية على ضرورة عدم الخلا كقدح العدل، وقدح الجور.

أما الاول فهو إناء اذا امتلأ منها قدر معين يستقر فيها الشراب، وإن زيد عليها ـ ولو بشيء يسير ـ ينصب الماء، ويتفرغ الاناء عنه بحيث لا يبقى قطرة.

وأما الثاني فله مقدار معين، إن صب فيه الماء بذلك القدر القليل يثبت، وإن ملىء يثبت ايضا، وإن كان بين المقدارين يتفرغ الاناء . كل ذلك لعدم إمكان الخلا.

قال ابو الخير وأمثال هذه من فروع علم الهندسة من نحيث تعيُّن قدر الاناء، والا فهو من فروع علم الطبيعي .

ومن هذا القبيل دوران الساعات .

ويسمى علم الآلات الروحانية لارتياح النفس بغرايب هذه الآلات . وأشهر كتب هذا الفن حيل بني موسى بن شاكر، وفيه كتاب مختصر لفيلن[4]، وكتاب مبسوط للبديع الجزري[5] . انتهى»

---

(١) المجلد الثاني، صفحة ٧٩.

(٢) كتاب «ارشاد القاصد الى اسنى المقاصد» لابن ساعد الأنصاري، صفحة ١١٢

(٣) صفحة ١٤٨ .

(٤) يقصد «فيلون السكندري» (Philo or Philon of Byzantium)

(٥) يقصد « بديع الزمان إسماعيل بن الرّزاز الجزري» .

ونقدم فيما يأتي قائمة بأهم المصنفات العربية التي ألفت في مجال «هندسة الحركات»:

القرن ٣ هـ = ٩ م

١ ـ كتاب «الحيل» لبني موسى بن شاكر.

القرن ٤ هـ = ١٠ م

٢ ـ كتاب «مفاتيح العلوم» لمحمد بن أحمد بن يوسف الخوارزمي.

القرن ٦/٥ هـ = ١٢/١١ م

٣ ـ كتاب «رفع المراكب الغارقة» لأمية بن أبي الصَّلت.

القرن ٦ هـ = ١٢ م

٤ ـ كتاب «اعجاز المهندسين» للسموأل المغربي.

٥ ـ كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل»، أو «كتاب في معرفة الحيل الهندسية» لبديع الزمان اسماعيل ابن الرزاز الجزري.

٦ ـ كتاب «علم الساعات والعمل بها» لفخر الدين رضوان بن محمد الساعاتي «كذا وصف ساعة باب جهرون بدمشق».

القرن ١٠ هـ = ١٦ م

٧ ـ كتاب «الطُّرق السنِّية في الآلات الروحانية» لتقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي.

هذا ونعرض فيما يأتي ـ بايجاز ـ لمحتوى الكتب التي تم تحقيقها ونشرها وأمكن الوقوف عليها، كذا لأهم ما ورد فيها من انجازات:

(١) «كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر،

(٢) كتاب «مفاتيح العلوم» للكاتب الخوارزمي،

(٣) كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل» للجزري،

(٤) كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية» لابن معروف.

٤, ٢, ٢ ـ المخطوطات والأعمال العربية

نفرد هذا الفصل لبيان المخطوطات العربية التي تضم أهم مصادر «صنعة الآلات» عند العرب والمسلمين وذلك حتى نهاية القرن ١٠ هـ = القرن ١٦ م، وتشمل ما يأتي:

١ ـ مخطوطات واعمال بني موسى بن شاكر،

٢ ـ اصطلاحات ومواضعات صنعة الآلات عند الكاتب الخوارزمي،

٣ ـ مخطوطات واعمال بديع الزمان الجزري ،
٤ ـ مخطوطات واعمال رضوان بن محمد الساعاتي ووالده .
٥ ـ مخطوطات واعمال تقي الدين بن معروف الراصد الدمشقي .

١ ـ مخطوطات وأعمال بني موسى بن شاكر[1]

«كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر «محمد وأحمد والحسن»
(توفى سنة ٢٥٩ هـ = ٨٧٣م)

١ ـ مخطوط مكتبة الفاتيكان ـ رقم : ٣١٧، ويقع في ٧٤ ورقة ، ويضم ٩٢ رسما من أصل مائة شكل .
٢ ـ مخطوط مكتبة جوتا بألمانيا ـ رقم : شرقي ١٣٤٩ ، وهو منقول تماما عن مخطوط الفاتيكان المتقدم ذكره .
٣ ـ مخطوط موزع بين مخطوط بمكتبة جوتا ـ رقم : ١٣٤٩ / أ، وبين مخطوط بمكتبة برلين ـ فهرس الواردت ـ رقم : ٥٥٦٢ (Mq. 739 Ahlwardt No. 5562) ، ويرجع تاريخ النسخ الى سنة ٦٠٧ هـ = ١٢١٠م .
٤ ـ مخطوط مكتبة أحمد الثالث، طوبقابي سراي ـ رقم : ٣٤٧٤، وهو أفضل المخطوطات الخاصة بهذا الكتاب على الاطلاق، حيث يتميز بصحة النص وسلامة الأشكال ودقتها الهندسية .
٥ ـ مخطوط جامعة ليدن ـ رقم : شرقي ـ ١٦٨ ، ويحتوي على ستة أشكال فقط .
٦ ـ مخطوط المكتبة العامة في نيويورك ـ مجموعة سبنسر الهندية الايرانية رقم : ٢ (Indo-Persian Spenser Collection - MS 2) ، ويرجع تاريخه الى سنة ١٠٣٠ هـ = ١٦٢٠م، ويضم مجموعة من الأشكال والنصوص مأخوذة من كتاب الحيل ، ومن مؤلفات اخرى غيره .

---

(١) بنو موسى بن شاكر هم رجال ثلاثة : أبو جعفر محمد ، وأبو القاسم احمد ، والحسن . وقد نشأوا ـ بعد وفاة والدهم ـ تحت رعاية الخليفة المأمون (١٩٨ ـ ٢١٨ هـ) = (٨١٣ ـ ٨٣٣م)، واليهم ينسب عدد كبير من المصنفات في الرياضيات والفيزياء والفلك ، ولهم كتاب شهير في الهندسة ترجمه جيرارد الكريموني الى اللاتينية في القرن الثاني عشر الميلادي بعنوان : "Liber Trium Fratrum de Geometria" (كتاب الاخوة الثلاثة في الهندسة) .

غلاف مخطوط الفاتيكان

مجموع فيه

كتاب حيل بني موسى بن شاكر
المنجم في عمل كاسات وأباريق
وقنينات وأقداح مصنعة
وله أيضا كتاب كشف الغطا
في استنباط الصواب من
الخطا

وكتاب في الجبر
والمقابلة للشيخ زين الدين
أبو عبدالله التنوحي المعري
كتاب المنهل العذْب المسيب
في شرح العمل بالربع
المجيب

وكتاب في أحكام النجوم والكواكب
والقرنات ناقصة الأول
دخل ملك الحصر سليمان بن المرحوم يوسف الحسين سنة ١٠٧٥ 317 Arabo

محتويات «كتاب الحيل»
لبني موسى بن شاكر

تبلغ عدة حيل بني موسى بن شاكر مائة حيلة، أُتبعت في الملحق بثلاث حيل، وبيان ذلك فيما يأتي:

الحيل الواردة في متن «كتاب الحيل»		الحيل في ملحق الكتاب		الموضوعات
الأرقام	العـدد	الأرقام	العـدد	
١ ـ ٨٧	٨٧	٢، ٣	٢	صنعة الأواني العجيبة والأباريق والجرار والكيزان
٨٨ ـ ٩٤	٧	١	١	فـوّارات المـاء
٩٥ ـ ٩٨	٤	ـ	ـ	آلات تعمل من تلقاء ذاتها «الأسرجة»
٩٩ ـ ١٠٠	٢	ـ	ـ	آلات متنوعة
المجموع	١٠٠	المجموع	٣	



شكل (٣٤)

غلاف «كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر (عن مخطوط مكتبة برلين - رقم: ٥٥٦٢).

أهم المنجزات الواردة في «كتاب الحيل»
لبني موسى بن شاكر
(القرن ٣ هـ = القرن ٩م)

أولا: عرض موجز لمحتوى الكتاب

يمكن تقسيم الحيل المائة التي يشتمل عليها «كتاب الحيل» الى خمسة انواع هي :

١ ـ النوع الأول : في صنعة الأواني العجيبة، وهي سبعة وثمانون شكلا (الأشكال: ١ ـ ٨٧)،

٢ ـ النوع الثاني: في عمل الفوّارات، وهي سبعة اشكال (الأشكال: ٨٨ ـ ٩٤)،

٣ ـ النوع الثالث: في أنواع من السراج، وهي أربعة أشكال (الأشكال: ٩٥ ـ ٩٨)،

٤ ـ النوع الرابع: آلة الآبار[1]، شكل ٩٩،

٥ ـ النوع الخامس: آلة استخراج الأشياء من البحر، شكل ١٠٠.

ثانيا: أهم المنجزات

١ ـ الفهم التـام لمبـادىء توازن الموائع بصفة عامة، وتوازن السوائل بصفة خاصة، وضرورة عدم الخلاء، أو استحالة الخلاء.

٢ ـ استخدام المثعب (السيفون المتمركز siphon)، وقد اطلق عليه بنو موسى اسم «كأس العدل» وقد سبقهم إليه قدماء المصريين.

٣ ـ استخدام السيفون المتمركز المزدوج (Jacketed Siphon)، وذلك بقصد منع معاودة انسكاب السائل من وعاء الى اخر عند توقف صب السائل في الوعاء الأول، ويعزى هذا السيفون الى فيلون البيزنطي[2]

٤ ـ استخدام الصمام المخروطي (Conical or Cock Valve) (وقد أشاروا إليه بالباب المطحون) على نطاق واسع، وذلك للتحكم في سريان الماء بطريقة دقيقة، ومنها حسن احكام الغلق ومنع التدفق كلية، وقد كان قد سبقهم إليه فيلون البيزنطي[2].

٥ ـ دقة ازْوَاج العناصر، واستعمال كلمة «مُهندم» للدلالة على ما نعرفه اليوم بالعناصر المُزوجة بدقة (Precisely Fitted Components) ، وقد ورد ذلك في أعمال فيلون البيزنطي

٦ ـ ابتداع انظمة تعمل بعد انقضاء فترة زمنية معينة.

٧ ـ استخدام الصمامات التي تعمل بطريقة تلقائية (Automatic) .

٨ ـ ابتداع آليات وتصميمات توفر التحكم الآلي.

---

(١) آلة معدة للاستعمال لتلك الآبار التي تقتل من ينزل فيها.

(٢) راجع كتابنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية».

٩ ـ استخدام نظام تحكم يعتمد على التغذية الرجوعية : (Feed-Back Control System) .

١٠ ـ استخدام منظومة شبيهة بعمود المرفق ، ويعتبر هذا سبقا على أوروبا بنحو خمسة قرون .

بعض ملاحظات على أعمال بني موسى بن شاكر

الباب المطحون

لعل من أهم العناصر التي وردت في حيل فيلون البيزنطي [1] وأخذها عنه بنو موسى بن شاكر هو «الباب المطحون» ، وهو بلاشك عنصر ذو تميز كبير على الصمامات البدائية ذات القرص التي وردت في أعمال فيلون البيزنطي ، وهيرون السكندري ، ويطلق عليها تسمية «الصمامات الردّادة» : (Clack Valves & Plate Valves)

ولقد جرى استعمال تعبير «الباب المطحون» (Cone or Conical - also Cock Valve and Ground - in - Valve) في أعمال فيلون البيزنطي ، واعمال بني موسى بن شاكر، كذا في كتاب «مفاتيح العلوم» للكاتب الخوارزمي ، وفي أعمال بديع الزمان اسماعيل بن الرزاز الجزري ، ورضوان الساعاتي .

ويعتبر «الباب المطحون» الذي ظهر أول ما ظهر في حيل فيلون البيزنطي تصميما متقدما على الصمام البدائي الذي استعمله الاغريق ، واطلق عليه لفظ «الزرّ» في الكتابات العربية .

هذا ويقرر كل من بديع الزمان الجزري ورضوان الساعاتي أن عملية تطبيع الأسطح المتقابلة أو المتلامسة في الصمام المخروطي (الذكر Plug or Cock ، والأنثى أو القاعدة Female or Seat)، كانت تتم باستعمال ورق سنفرة Emery Paper بينهما أثناء عملية «الطحن» .

وجدير بالذكر ان الباب المطحون يمثل صماما دقيقا متمركزا «بسبب تمام تلامس سطحي الذكر والأنثى» ،مانعا للتسرب ، قاطعا للتدفق ،وقد ورد في وصفه «المهندم» اي دقيق الإزواج (Closely Fitted) ، وهي كلمة فارسية الاصل .

السحارة المخنوقة

إنه بالاضافة الى استعمال بني موسى بن شاكر للمثعب (أو السيفون (Siphon) ، فقد استعملوا كذلك «السحارة المخنوقة» (Jacketed Siphon) ، ويمكن بواسطتها احداث حيز هوائي محبوس يمكن تسخيره ـ اختياريا ـ لوقف تدفق السائل ، وقد جرى استعمال هذه السحارة في صنعة الأواني العجيبة التي ورد وصفها في «كتاب الحيل» لبني موسى بن شاكر.

---

(١) راجع كتابنا : «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية» .

٢ ـ اصطلاحات ومواضعات هندسة الحركات
كما وردت في كتاب «مفاتيح العلوم»
لمحمد بن أحمد بن يوسف الكاتب الخوارزمي
(القرن ٤ هـ = القرن ١٠ م)

يتألف هذا الكتاب من مقالتين:

تضم المقالة الاولى منها ستة أبواب، فيها اثنان وخمسون فصلا، بينما تشتمل المقالة الثانية على تسعة أبواب، فيها واحد وأربعون فصلا.

ويهمنا في هذه الدراسة ـ بوجه خاص ـ الباب الثامن من المقالة الثانية، ويضم فصلين في «الحيل» هما:

الفصل الاول: في جر الاثقال بالقوة اليسيرة، وآلاته،

الفصل الثاني: في آلات الحركات، وصنعة الأواني العجيبة.

ففي هذين الفصلين عرف الخوارزمي مجموعة كبيرة من الألفاظ التي يستعملها اصحاب هذه الصناعة، نوجزها فيما يأتي:

ففي جرِّ الأثقال بالقوة اليسيرة وآلاته،

أورد الخوارزمي الالفاظ الآتية كما أورد تعريفاته لها[١]:

منجانيقون ـ البرطيس ـ المخل ـ البيرم/ البارم ـ الكثيرة الرفع ـ الاسفين ـ اللولب ـ الغالغرا ـ الاسقاطولي ـ المجانيق ـ العرادات ـ الكرسي ـ الخنزيرة ـ السهم ـ الاسطام.

وفي حيل حركة الماء، وصنعة الأواني العجيبة

وما يتصل بها من صنعة الآلات المتحركة بذاتها[٢]، أورد الخوارزمي الألفاظ الآتية:

الاجَّانة ـ الدبّة ـ السحَّارة/ سارقة الماء ـ السحَّارة المخنوقة ـ الجام ـ جام العدل ـ جام الجور ـ الغيم ـ البثيون/ البزال ـ النرمادجة ـ إلمي دزد (فارسي بمعنى: سارق الشراب) ـ المهندم (لفظة فارسية معربة) ـ الباب المطحون ـ باب المدفع ـ باب المستق ـ النقاطة (وجمعها النقاطات) ـ الزرافة (وجمعها الزرافات) ـ التختجة (وجمعها التخاتج) ـ المليار/ المنيار ـ سرن الرحي ـ بركان السرن ـ القطارة (وجمعها القطارات) ـ الحنانة (وجمعها الحنانات) ـ النضَّاحة (وجمعها النضاحات) ـ الغوارة (وجمعها الغوارات) ـ المقاط ـ القلس ـ الشاقول ـ الكونيا.

---

(١) طبعة دار الكتاب العربي ببيروت ـ تحقيق ابراهيم الأبياري، الطبعة الأولى، سنة ١٤٠٤هـ = ١٩٨٤م، الصفحتان: ٢٦٩ ـ ٢٧٠.

(٢) المرجع السابق نفسه، الصفحات: ٢٧١ ـ ٢٧٤

٣ ـ مخطوطات وأعمال الجزري

«كتاب الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل»

أو «كتاب في معرفة الحيل الهندسية»

تأليف بديع الزمان أبي العز بن اسماعيل بن الرزار الجزري (وكان حيا سنة ٦٠٠ هـ = ١٢٠٣م).

١ ـ مخطوط مكتبة خزنة باستانبول ـ رقم: ٤١٤، ويقع في ١٧٤ ورقة، ويرجع تاريخه الى سنة ٦٠٢ هـ = ١٢٠٥م.

٢ ـ مخطوط مكتبة جامعة استانبول (آيا صوفيا سابقا) ـ رقم: ٣٦٠٦، وبه ٢٤٦ ورقة، نسخ سنة ٧٥٥ هـ = ١٣٥٤م.

٣ ـ مخطوط مكتبة احمد الثالث باستانبول ـ رقم: ٣٤٦١، ويشتمل على ٢١٢ ورقة، وهذه النسخة ناقصة.

وهذه المخطوطات الأربعة مصورة بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة، تحت الأرقام: ٢، ٣، ٤، ٥ ـ صناعات.

٤ ـ مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول ـ رقم: ٣٣٥١، ويقع في ٢٥٦ ورقة.

٥ ـ مخطوط مكتبة احمد الثالث باستانبول ـ رقم: ٣٤٧٢، كتب سنة ٦٠٢هـ = ١٢٠٥ م بخط نسخي جميل بيد محمد بن يوسف بن عثمان الحصكفي.

مصور بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: رياضة ٤٨٧، ويقع في ٣٥٦ لوحة في مجلدين.

٦ ـ مخطوط طوبقابي احمد الثالث باستانبول ـ رقم: ٣٣٥٠، كتب سنة ٨٦٣ هـ = ١٤٥٨ م بخط نسخي جميل، وهذه النسخة ناقصة الأول.

مصور بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: رياضة ـ ٤٨٦، ويقع في ٥٠٠ لوحة.

٧ ـ مخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: ٢٤٧٧، ويرجع تاريخ نسخه الى سنة ٨٩٠ هـ = ١٤٨٥م.

٨ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بأكسفورد ـ رقم: ٢٧ـ مجموعة جريفس، ويقع في ١١٣ ورقة، كتبت سنة ٨٩١ هـ = ١٤٨٦ م عن نسخة يرجع تاريخها الى سنة ٧٤٢ هـ = ١٣٤١م، وهذه نقلت عن نسخة نقلت من خط المؤلف.

٩ ـ مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٤١٨٧، ويقع في ٦٦ ورقة، وهذه النسخة غير مؤرخة، ولعل تاريخها يعود الى القرن ٩ هـ = القرن ١٥ م.

١٠ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بأكسفورد ـ رقم: ٨٨٦، ويقع في ١١٤ ورقة، مجموعة (Grav. 3800,28)

١١ ـ مخطوطة مكتبة جامعة ليدن بهولندا ـ رقم: شرقي ٦٥٦، ويرجع تاريخ نسخها الى سنة ٩٦٩ هـ = ١٥٦١م، وبهذه النسخة اوجه نقص كثيرة.

١٢ ـ مخطوط مكتبة جامعة ليدن بهولندا ـ رقم: شرقي ١١٧، وهذه نسخة ناقصة متباينة الجودة في الخط، وفيها أقسام وأشكال ناقصة.

١٣ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ رقم: مجموعة فريزر ١٨٦، ويرجع تاريخ كتابته الى سنة ١٠٤٨ هـ = ١٦٧٣م، وهي نسخة متوسطة الجودة.

١٤ ـ مخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: ٥١١٠ شرقي، وهذه النسخة ليست مؤرخة، وهي خالية تماما من الأشكال التي تركت لها فراغات لرسمها في مرحلة تالية، ولعل هذه النسخة ترجع الى القرن ١٢ هـ = القرن ١٨ م، وهي مكتوبة بخط فارسي جيد.

١٥ ـ مخطوط مكتبه لنينجراد بالاتحاد السوفيتي ـ رقم: ٢٥٣٩، وتشغل هذه النسخة ٥٣ ورقة فحسب، وهي ناقصة، وأقدم تاريخ تملك لها هو سنة ٩٩٩ هـ = ١٥٩١م.

هذا وتوجد بالمكتبة الوطنية بباريس نسخة فارسية لكتاب الجزري، وهي محفوظة تحت رقم ١١٤٥، ١١٤٥/أ، ويرجع تاريخ هذه الترجمة الى اللغة الفارسية الى عام١٢٩١ هـ = ١٨٧٤م.

«البناكيم»

لبديع الزمان أبي العز بن اسماعيل بن الرزاز الجزري (وكان حيّاً سنة ٦٠٠ هـ = ١٢٠٣م)

ـ مخطوط المكتبة البريطانية بلندن ـ رقم: Ms. Or. 116 بصفحة ٧٤٦ بالكتالوج.

أهم المنجزات الورادة في كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل»

لبديع الزمان اسماعيل بن الرزاز الجزري (القرن ٦ هـ = القرن ١٢ م)

أولا: عرض موجز لمحتوى الكتاب

رتب الجزري كتابه على ستة انواع هي:

١ ـ النوع الاول: في عمل بناكيم[1] ـ وقيل فناكين ـ يعرف منها مضي ساعات مستوية وزمانية، وهو عشرة اشكال.

٢ ـ النوع الثاني: في عمل أوان وصور تليق بمجالس الشراب، وهو عشرة أشكال.

---

(١) لفظ فارسي يعني «الساعات».

راجع «كشف الظنون»، صفحة: ١٣٩٥، وفيه يقول حاجي خليفة إن الجزري ألف كتابه هذا لقره أرسلان الأرتقي.

٣ ـ النوع الثالث : في عمل أباريق وطساس للفصد والوضوء، وهو عشرة اشكال.
٤ ـ النوع الرابع: في عمل فوارات في برك تتبدل، وآلات الزمر الدايم، وهو عشرة أشكال.
٥ ـ النوع الخامس: في عمل آلات ترفع ماء من غمرة وبيرليست بعميقة، ونهر جار، وهو خمسة أشكال.
٦ ـ النوع السادس: في عمل أشكال مختلفة، غير متشابهة، وهو خمسة أشكال.

وبذلك تبلغ عدة أشكال هذا الكتاب (٥٠) خمسين شكلا.

ثانيا: أهم المنجزات

١ ـ تصميم وانشاء مجموعة كبيرة من الساعات الدقاقة ذات الشخوص المتحركة.
٢ ـ تصميم الأواني العجيبة: وتشمل أباريق وطساس للوضوء وللفصد، وأواني لمجالس الشراب.
٣ ـ فوّارات (نافورات) المياه بأشكال مختلفة.
٤ ـ آلات الزمر الدائم.
٥ ـ آلات رفع المياه:

أ ـ آلة المغرفة الغامسة المدارة بمسنن جزئي.
ب ـ آلة الدولاب ذي الكفات (تربينة دفعية على غرار تربينة بلتون الذي جاء من بعده بأكثر من خمسة قرون).
جـ ـ مضخة الزنجير والدلاء التي يديرها دولاب الماء.
د ـ المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين.
هـ ـ الدواليب ذات الاجنحة
و ـ الدواليب ذات الكفات
} وتعرف في عصرنا الحاضر بالتربينات الدفعية (Impulse Turbines)
ز ـ الدواليب ذات الريشات أو الاجنحة المُورَّبة وتعرف بالتربينات الرد فعلية (Reaction Turbines)

٦ ـ آلية تحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية.
٧ ـ اول مانع للتسرب في كابسات الأسطوانات.

هذا وقد حُقّق كتاب الجزري كما تُرجم الى اللغة الانجليزية، ويعتبر ما جاء بالكتاب أعظم انجاز هندسي لافي الحضارة الاسلامية فحسب بل في العصور الوسيطة عموما.

٤ ـ مخطوطات وأعمال رضوان بن محمد الساعاتي[1]
وصف ساعة باب جيرون
لفخر الدين رضوان بن محمد الساعاتي
(القرن ٦ هـ = القرن ١٢ م)

عُرف رضوان الساعاتي بأنه كان طبيبا وأديبا ومتمكنا في المنطق والفلسفة، بينما كان ينقصه الجانب التقني كما يدل ذلك بوضوح أسلوب عرضه لتركيب ساعة باب جيرون الذي أتمه سنة ٦٠٠ هـ = ١٢٠٣م.

ويوجد لهذا العمل مخطوط بمكتبة الابحاث بجوتا بألمانيا: (Forschungs biblio thek, Gotha) ـ رقم: ١٣٤٨ / ب، وهذه نسخة جديدة جدا تكاد تخلو من الأخطاء، تمّ نسخها باستانبول سنة ٩٦١ هـ = ١٥٥٤م.

وقد قام بدراسة هذا المخطوط فيدمان وهاوزر:

E. Wiedemann and F, Hauser:
"Über die Uhren in Bereich der Islamischen Kultur", Nova Acta. Abh. der Kaiserl. Leop. Carol Deutschen Akademie der Naturforscher, 100 (Halle 1915), 1 - 272. (For Ridwan, see pages: 167- 272).

وتتضمن هذه الدراسة مقدمة وبعض تفصيلات معروفة عن سيرة رضوان وعن الظروف التي أحاطت به، كذا الجانب التاريخي للساعة، بيد أن هذه الدراسة المقتضبة لا تشفي غليل المتعطش لمعرفة الجانب الفني الانشائي للساعة.

ومما يؤخذ على المخطوط أنه يحتوي على كروكيات غير متقنة، رسمت باليد الحرة، كما أنها تخلو من الرموز والحروف المرجعية، فضلا عن ان المؤلف يشير الى ما يجب أن يعمل دون أن يبين كيف يتم ذلك، ومع كل هذه المآخذ يظل عمل رضوان الساعاتي عملا ذا قيمة عالية في معرض الأعمال الأصيلة في تكنولوجيا الحضارة الاسلامية.

---

(١) راجع: Brocklemann Gal-I
G. Sarton:
"Introduction to the History of Science", Vol. I: Baltimore, 1927.
Vol.II: (2 Parts), London, 1931: 631 - 632.

٥ ـ مخطوطات وأعمال ابن معروف

١ ـ كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية»

لتقي الدين محمد بن معروف بن أحمد الأسدي الراصد الدمشقي

(المتوفى سنة: ٩٩٣ هـ = ١٥٨٥م)

١ ـ مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢، ويقع في ٤٤ ورقة. كتبت هذه النسخة بخط نسخي أنيق بيد المؤلف سنة ٩٥٩ هـ = ١٥٥١م.

وقد كانت هذه النسخة في مكتبة الشيخ محمد السفرجلاني قبل انتقالها الى مكتبة شستر بيتي بدبلن.

٢ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: فلك ورياضة ـ ك ٣٨٤٥، وهو مصور من مخطوطة شستر بيتي، ويقع المخطوط في ٨٧ لوحة مصورة. وهذه النسخة تنقصها بعض الأشكال في الآخر.

٣ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ٥٥٧ (٤)، الكتاب الرابع ضمن مجموع، الصفحات: ٥٠/أ ـ ٩١/ب، كتبت حوالي سنة ١٠٠٠ هـ = ١٥٩١م، يُدَّعى بأنها بخط المؤلف، تمليك عبدالرحمن الطولوني سنة ١٠٤٨ هـ = ١٦٣٨م.

وهذه النسخة تنقصها صفحة من الأول، كما تنقصها جميع الأشكال.

٢ ـ كتاب «البنكامات الدورية»

تقي الدين محمد بن معروف بن أحمد الاسدي الراصد الدمشقي

(المتوفى سنة: ٩٩٣ هـ = ١٥٨٥م)

١ ـ المخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ٥٥٧ (١)، الكتاب الأول ضمن مجموع، الصفحات: ١/ب ـ ٣٥/أ، كتبت بخط نسخي مقروء سنة ١٠٥٨ هـ = ١٦٤٨ م بيد عبد الرحمن بن محمد ولي الدين البرلسي.

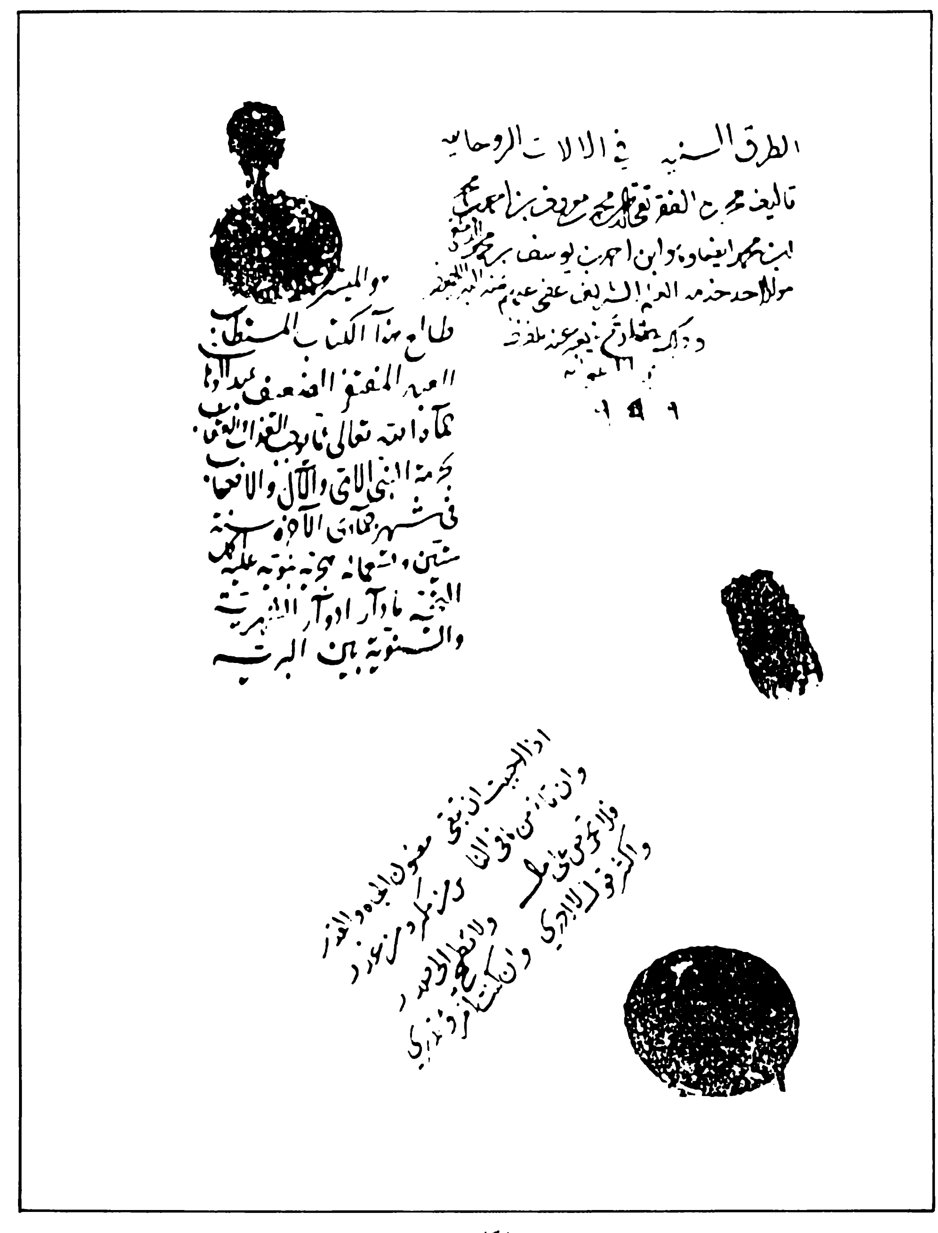
٢ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: صناعة ـ ١٦٦ (١)، الكتاب الأول ضمن مجموع، الصفحات: ١/أ ـ ٣٩/ب، كتبت بخط نسخي حسن حوالي سنة ١١٢٥ هـ = ١٧١٣م، وعليه تمليك ابراهيم سر عسكر.

وهذه النسخة ينقصها آخر المقالة الثانية، كذا الخاتمة.

٣ ـ وبعنوان «علم البنكامات»

بمخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: ٢٤٧٨، ويقع في ٨٥ صفحة.

وهو لتقي الدين محمد بن معروف «خويدم الشرع الشريف بقضاء نابلس».



شكل (٣٥)

غلاف كتاب «الطرق السَّنية في الآلات الروحانية» لتقي الدين بن معروف.

(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢)

٤ ـ وبعنوان «كتاب في معرفة وضع الساعات»

ألَّفه تقي الدين برسم الوزير على باشا، وضمَّنه كيفية وضع الساعات ودوائرها وتثاقيلها وما الى ذلك، ورتبه على مقدمة ومقالتين وتتمة.

ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ١٦٦ ـ صناعات، كتب بقلم نسخ مضبوط بالحركات.

٥ ـ وبعنوان «الكواكب الدرية في وضع البنكامات الدورية»

مخطوط مكتبة بودليانا بأكسفورد ـ رقم: ٩٦٨، ويقع في ٦٠ ورقة، ويبحث في الساعات الميكانيكية التي تعمل بالمسننات.[1]

٣ ـ «الثمار اليانعة من قطوف الآلة الجامعة»

تقي الدين محمد بن معروف بن احمد الأسدي الراصد الدمشقي

(المتوفي سنة: (٩٩٣ هـ = ١٥٨٥م)

١ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ٥٥٧ (٢)، الكتاب الثاني ضمن مجموع، الصفحات: ٣٥/ب ـ ٤٣/ب، كتبت سنة ١٠٥٨ هـ = ١٦٤٨م.

٢ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ رقم: ٨٨١ (٢)، الكتاب الثاني ضمن مجموع.

٤ ـ كتاب «ريحانة الروح في رسم الساعات على مستوى السطوح»[2]

لتقي الدين محمد بن معروف بن أحمد الاسدي الراصد الدمشقي

(المتوفى سنة ٩٩٣ هـ = ١٥٨٥م)

١ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ١١٤٠، ويقع في ٥٨ ورقة، يُدعى انه كتب بخط المؤلف سنة ٩٧٥ هـ = ١٥٦٧ م.

٢ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: فلك ورياضة ـ ك ٣٩٨٨، ويقع في ٢٩ ورقة، كتبت سنة ١٣٢٠ هـ = ١٩٠٢ م تقريبا بخط نسخي مقروء بيد أبي الفضل محمد، وذلك عن نسخة بخط محمد فزاي رئيس المنجمين منجمك سنة ١٠٨٢ هـ = ١٦٧١ م بمحكمة منلا آخرين في محلة قسطنطينية عن نسخة بخط المؤلف.

٣ ـ مخطوط مكتبة مصطفى فاضل بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ١٢٨، ويقع في ٤٥

---

(١) نشرته الدكتورة تكيلي (S.Tekeli) عام ١٩٦٦م.

(٢) فرغ من تأليفها سنة ٩٧٥ هـ = ١٥٦٧م بقرية من قرى نابلس. وقد شرحها العلامة عمر بن محمد الفارسكوري شرحا ممزوجا اسماه: «نفح الفيوح بشرح ريحانة الروح»، فرغ منه سنة ٩٨٠ هـ = ١٥٧٢م، وقد توفى الفارسكوري سنة ١٠١٨ هـ = ١٦٠٩م.

ورقة، كتبت سنة ١١٧٨ هـ = ١٧٦٤م، تمليك على السرسي الشافعي. وهذه النسخة ناقصة الأشكال والجداول.

٤ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ٢٥٧.

٥ ـ مخطوط مكتبة اسعد باستانبول ـ رقم: ٢٥٠٠.

٦ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ رقم: ٨٨١ (١)، الرسالة الاولى ضمن مجموع.

٧ ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ رقم: ٩٢٧، وبه شرح الفارسكوري.

٨ ـ مخطوط Pet. Amk 933، وبه شرح الفارسكوري.

٩ ـ مخطوط مكتبة الفاتيكان ـ رقم: Vat 1424

أهم المنجزات الواردة في كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية»

لتقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (القرن ١٠ هـ = القرن ١٦ م)

أولا: عرض موجز لمحتوى الكتاب

يشتمل الكتاب على ستة أبواب مرتبة على النحو الآتي:

١ ـ الباب الأول: في البنكامات (الساعات)، وهو أربعة أشكال: بنكام الفيل ـ بنكام القمر ـ بنكام السراج ـ بنكام رملي.

٢ ـ الباب الثاني: في آلات جَرِّ الأثقال، ويضم ثلاث طرائق هي:

الطريق الأول: بالدواليب المتداخلة الأسنان،

الطريق الثاني: بتعداد البكر وتمشية الخيط الجاذب فيها،

الطريق الثالث: بالجر باللولب.

٣ ـ الباب الثالث: في حيل اخراج الماء الى جهة العلو، وهو أربعة أشكال هي:

الشكل الأول: المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين،

الشكل الثاني: المضخة الحلزونية التي تدار بدولاب مائي،

الشكل الثالث: مضخة الحبل ذي أكر القماش،

الشكل الرابع: المضخة ذات الاسطوانات الست (شكل ٣٦).

٤ ـ الباب الرابع: في عمل الزمر الدايم والنقارات، وغير ذلك من الفوارات المختلفة الأشكال والأوضاع، وهي على قسمين:

القسم الاول: ويشتمل على ثلاث آلات،

القسم الثاني: وفيه أربع فوارات.

٥ ـ الباب الخامس: في أنواع شتى من الملح واللطائف، وتضم (١١) احدى عشرة حيلة.

٦ ـ الباب السادس: في عمل السيخ الذي يوضع فيه اللحم على النار، فيدور بنفسه من غير حركة حيوان.

وبذلك تبلغ عدة الحيل والآلات والطرائق في هذا الكتاب (٣٠) ثلاثين حيلة.

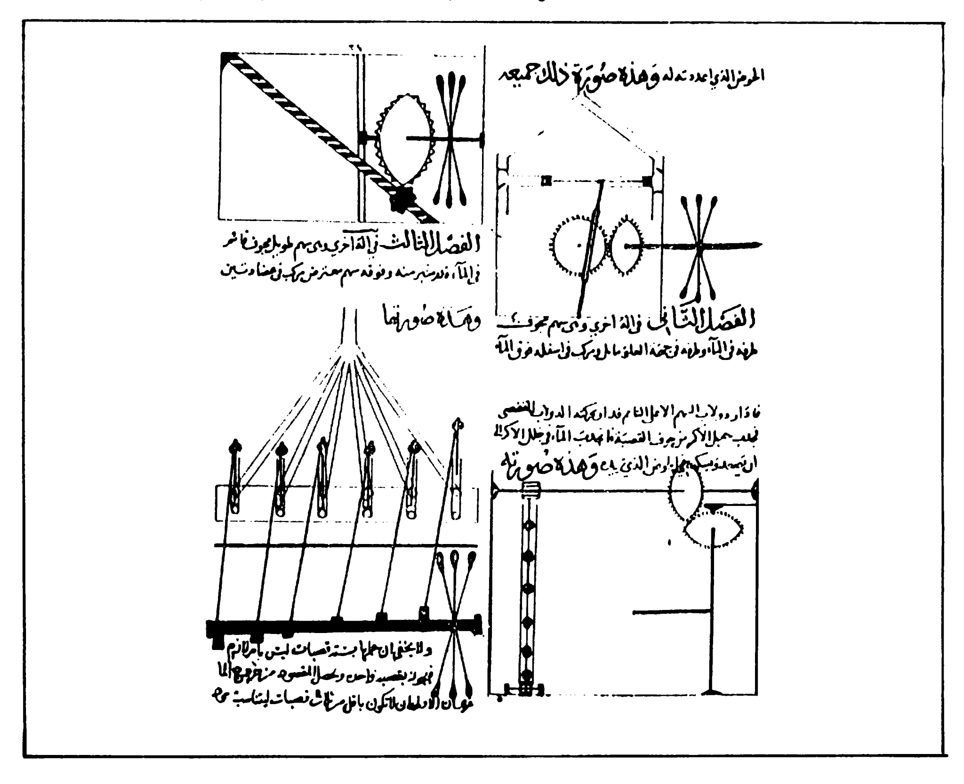
ثانيا: اهم المنجزات

١ ـ اول وصف لتربينة (عنفة) بخارية (Steam Turbine)

٢ ـ أول وصف للمضخة الحلزونية التي تُنسب الى أرشميدس.

٣ ـ اول وصف لمضخة الحبل ذي أكر القماش.

٤ ـ أول وصف لمضخة ذات ست أسطوانات وقصبات (Six Cylinder Pump)



شكل (٣٦)

عدة آلات لرفع الماء إلى جهة العلو كما أوردها ابن معروف في كتابه. (عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢)

أمثلة من صنعة الآلات عند العرب والمسلمين

٢,٢١ ـ آلات معالجة الاثقال

أدوات جرّ الأثقال بالقوة اليسيرة

يشير محمد بن احمد بن يوسف الخوارزمي (المتوفى سنة ٣٨٧ هـ = ٩٩٧م) في مصنَّفة «مفاتيح العلوم»(١) الى الادوات المستعملة على عصره في مجال جرّ الأثقال فيذكر منها ما يأتي:
البرطيس (لفظة يونانية بمعنى المحيطة) ـ المخل (لفظة يونانية) ـ البيرم/ البارم (لفظة فارسية) ـ أبو مخليون ـ الكثيرةالرفع ـ الاسفين ـ اللَّوْلب.

وعن حيل جرّ الأثقال ورفعها يقول ابن خلدون (٢): «. . . وكذلك في جر الأثقال بالهندام، فإنَّ الأجرام العظيمة إذا شيدت بالحجارة الكبيرة يعجزُ قُدَّرُ الفعلة عن رفعها الى مكانها من الحائط، فيُتحَّيل لذلك بمضاعفة قوة الحبل بادخاله في المعالق من أثقاب مقدرة على نسب هندسية تصير الثقيل عند معاناة الرفع خفيفا، فيتم المراد من ذلك بغير كلفة.

وهذا انما يتمُّ بأصول هندسية معروفة متداولة بين البشر، وبمثلها كان بناء الهياكل الماثلة لهذا العهد التي يحسب انها من بناء الجاهلية، وأنَّ أبدانهم كانت على نسبتها في العظم الجسماني، وليس كذلك، وإنَّما تمَّ لهم ذلك بالحيل الهندسية كما ذكرناه، فتفهم ذلك والله يخلق ما يشاء سبحانه».

هذا وقد كان المهندسون في الحضارة الاسلامية على علم بما توصَّل إليه الاغريق في الحيل، ولعلَّ أهم ما كُتب في هذا المجال هو كتاب «شيل الأثقال» الذي ألفه هيرون الاسكندري أو إهرن الكبير (Hero or Heron of Alexandria) في حوالي القرن الأول للميلاد، ويبدو أن أهم حيل شيل الأثقال وجرها تمثلت في الأدوات الاتية:

١ ـ تعداد البكر (البكرات المتعددة) وتمشية الخيط (أي الحبل) الجاذب فيها، الأشكال (٣٧) الى (٤١).

٢ ـ الدواليب متداخلة الأسنان، الأشكال (٤٢ ـ ٤٤).

٣ ـ اللوالب (لأعمال الجرّ)، شكل (٤٥).

ويرجع ظهور أول بكرة في التاريخ عند الأشوريين وذلك منذ حوالي القرن الثامن قبل الميلاد، شكل (٣٧)، ولعلَّ أول ذكر لاستخدام البكرة في عملية رفع الأثقال جاء في كتاب فني اغريقي بعنوان: (Mechanica)، كتب في القرن الرابع قبل الميلاد.

---

(١) بتحقيق ابراهيم الأبياري ـ طبعة دار الكتاب العربي، بيروت، الطبعة الأولى، سنة ١٤٠٤ هـ = ١٩٨٤م، صفحتا ٢٦٩، ٢٧٠.
(٢) طبعة دار الفكر، صفحة ٤٠٩.

وجدير بالذكر انه إذا زاد عدد البكرات في منظومة الرفع عن بكرة واحدة، غدت القوة المبذولة أقل من الثقل الجاري رفعه، الأشكال (٣٨ ـ ٤١)، وهذا ما يُعرف «بالفائدة الميكانيكية» (Mechanical Advantage)، ولقد جاء ذكر مجموعات البكرات المعدّة لنظام شيل الأثقال في كتاب هيرون السكندري (كتاب شيل الأثقال)، كذلك بيَّن تقي الدين بن معروف (من القرن ١٠ هـ = القرن ١٦م) في كتابه الموسوم «الطرق السنيَّة في الحيل الروحانية» مجموعة بكرات ذات فائدة ميكانيكية عالية، وذلك استنادا الى كثرة عدد البكرات والحبال في المجموعة، شكل (٤١).

ثمة ترتيب آخر لرفع الأثقال جرى باستخدام الدواليب ذات الأسنان المتداخلة، الأشكال (٤٢)، (٤٣)، (٤٤)، حيث يستفاد من زيادة عزم اللّي مع زيادة قطر الدولاب المُسنَّن.

نُضيف إلى ما تقدم طريقا ثالثا أشار إليه هيرون السكندري، ألا وهو استخدام اللوالب لأعمال الجر أو الدفع، شكل (٤٥).

٢٢,٢ ـ آلات تعمل بالهواء او بالبخار

من حيل فيلون البيزنطي[1]

للتدليل على وجود الهواء واستحالة الخلاء، تمدد الهواء بفعل الحرارة

يسوق فيلون ـ على سبيل المثال لا الحصر ـ تجارب فيزيائية يبرهن بها على ان الهواء «جسد من الاجساد»، وعلى أن الخلاء أمر مستحيل، ونبين فيها يأتي ما أورده فيلون في الحيلتين (٧)، (٨) بلفظه:

[الحيلة] (٧)

«وطبيعة النار أيضا مختلطة بالهواء، ولذلك يُجتذب، وبيان ذلك يكون بهذا، ومما نصف بعده.

ينبغي ان تهيأ بيضة من رصاص، معتدلة العظم مجوفة، ليست برقيقة الغلظ جدا لكيما لا تنهشم عاجلا، وتكون هذه البيضة جافة لحال ما يراد بها من العمل، ثمَّ تُثقب، وتوضع في ذلك الثقب سحارة معوجة، ويدخل طرف تلك السحارة في البيضة، حتى تكون قريبا من أسفلها لكيما يكون للماء سيلان، وتكون تلك السحارة جافة جدا أيضا، وتوضع البيضة في مكان مطأطأ قبالة الشمس، ويوضع كأس فيه ماء تحت الناحية الاخرى من نواحي السحارة.

فلتكن البيضة التي عليها أ، والسحارة التي عليها ب، والكأس الذي عليه ج.

فأقول إذا سخنت البيضة من خارج تنفس جزء من الهواء الذي في داخل السحَّارة، والذي يعرض

---

(١) راجع كتابنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية».

بعد ذلك يبين للبصر لأنّ الهواء يقع في الماء من تلك السحارة ويحركه، ويوقع نفخات كثيرة متتابعة.

فإن هيأت على تلك البيضة ظلاً[1]، وأقمت حيناً يسيراً، ستعاين الماء يصعد من الكأس حتى يصير الى البيضة، فإن نُحيّ عنها أيضاً ذلك الظلّ وصارت في الشمس، دفعت الماء الذي فيها إلى الكأس، وإن أعدتها الى الظلّ عاد الماء، وذلك يكون دائما كما وصفنا.

وإن أوقدت أيضاً ناراً وأدنيتها من تلك البيضة بقدر م تسخن، عرض العرَض الذي ذكرناه، وإذا بردَتْ عاد الماء لما كان، وإن أخذ إنسان ماءً حاراً وصبّه على البيضة، عرض مثل ما وصفنا.

وهذه صفة ذلك.

فهذا الرأي اسطقس من الأسطقسات التي يُقال إنّها روحانية لأنها تكون في مثل هذه الحيل، وانما يكون ذلك لأنّه لا يمكن أن يكون مكان خالياً من الهواء، فإنّه إن خلا منه من ساعته تصير فيه أجساد أُخر من الأجساد المركّبة مع الهواء، إلاّ أنها تدفع دفعا من قبل الطبيعة.

فهذا العلم والرأي موافق لبعض أصحاب العلم الطبيعي[2]، وهو موافق أيضا لنا».

[الحيلة] (٨)

«ويتبين أنّه لا يمكن أن يكون مكان خالياً من هواء وجسم من الأجسام، وذلك أنّه يُصبُّ في إناءٍ من الأواني ماء، ثمّ أقِمْ في وسط ذلك الماء شيئاً يعلو شبه المنارة، ثمّ وُضِع على ذلك العُلوّ سراج مسرج، ثمّ أُكبَّتْ على ذلك السراج جرّة، يكون فمها قريباً من الماء، ويكون موضع السّراج في وسطها، ثمّ أقمت حيناً يسيراً، فإنك ستعاين الماء الذي في ذلك الإناء يرتفع إلى الجرة، وإنما يعرض ذلك من العلة التي نذكرها، وذلك أن الهواء المحتبس في الجرة يبيد ويبلأ، ويذهب لحال التهاب النار، ولا يستطيع ان يقيم معه، فإذا انحل الهواء من حركة النار، يعرض ارتفاع الماء بقدر ما يذهب من الهواء، وهذا العرض شبيه بما قلنا إنه يعرض للسحارات، فإن الهواء يذهب لأنه يبلى من النار، فلذلك يرتفع الماء، ويملأ المكان الذي صار فارغا.

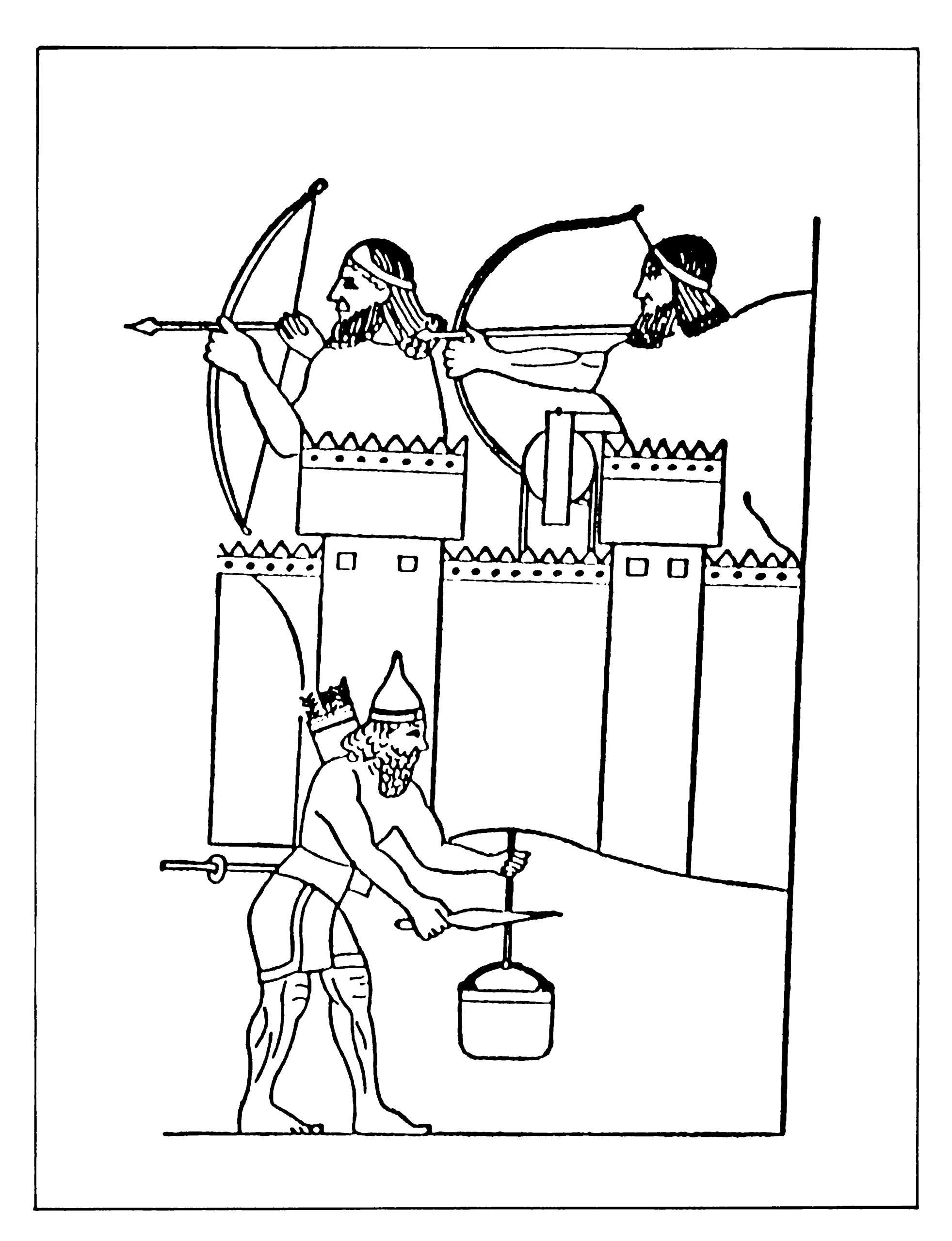
وهذه صورة ذلك».

هذا ويبين شكل (٤٨) نموذجين من ترتيبات فتح أو غلق الأبواب بتسخير فعل الحرارة في تمديد الهواء، ومن هنا كان تحريك الأبواب يتم دون رؤية العناصر الفاعلة، ولعلّ ذلك هو السبب في تسمية مثل هذه الترتيبات او الحيل «بالحيل الروحانية»، وكأنما تصدر الحركة عن أجسام روحانية لا يراها المشاهد.

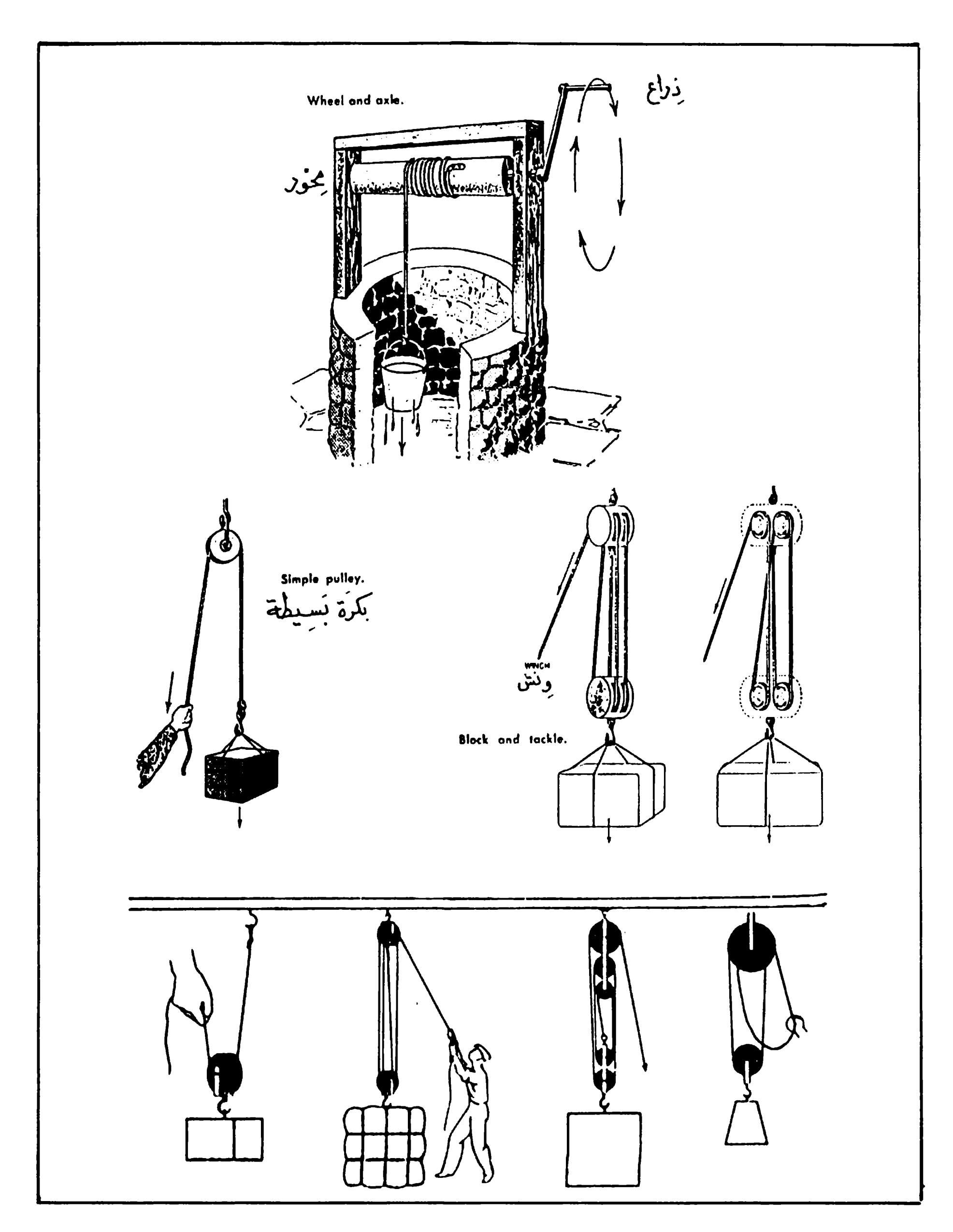
---

(١) في المخطوط: ظل

(٢) في المخطوط: الطباعي

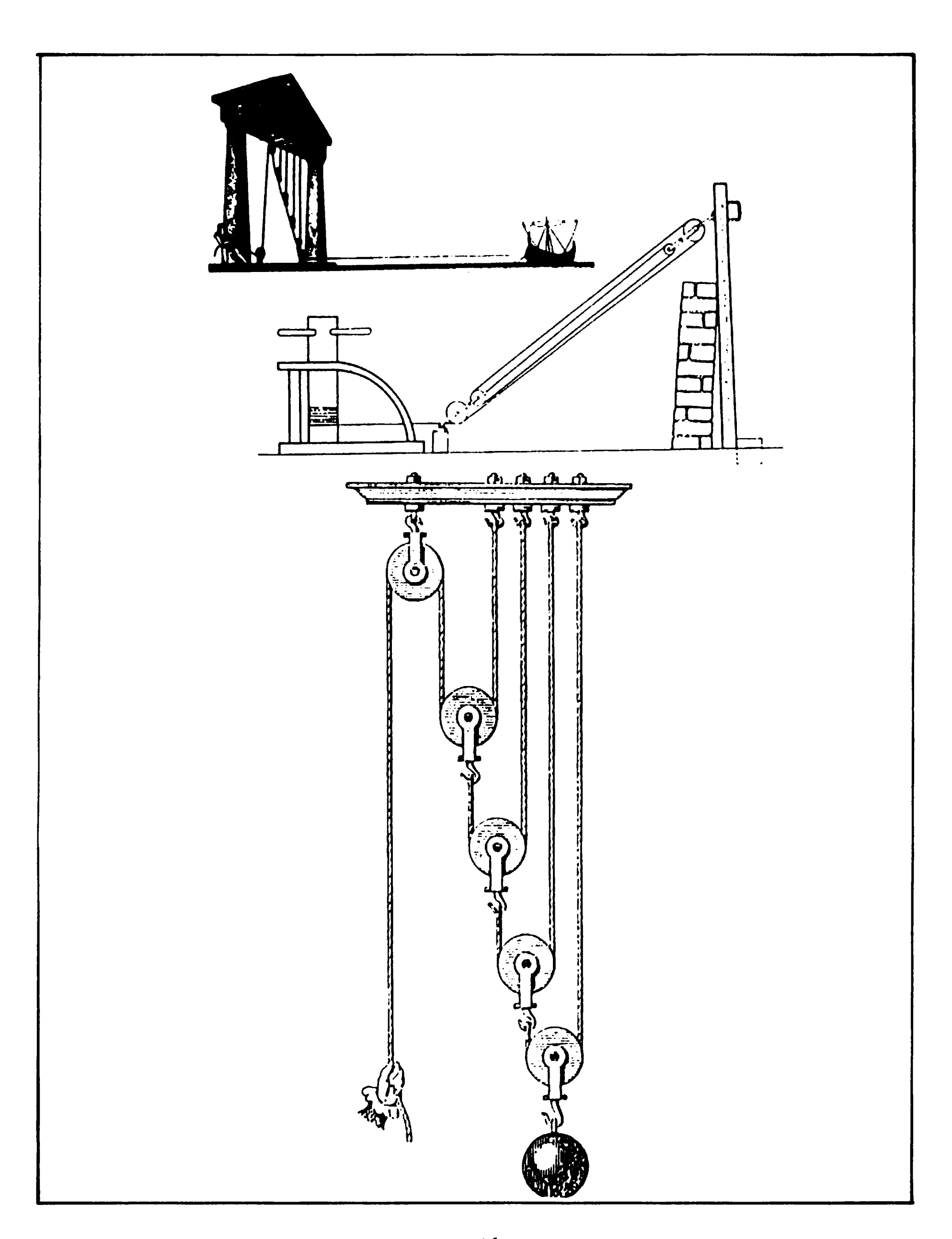


شكل (٣٧)
ظهور البَكَرة عند الأشوريين منذ حوالي القرن الثامن قبل الميلاد

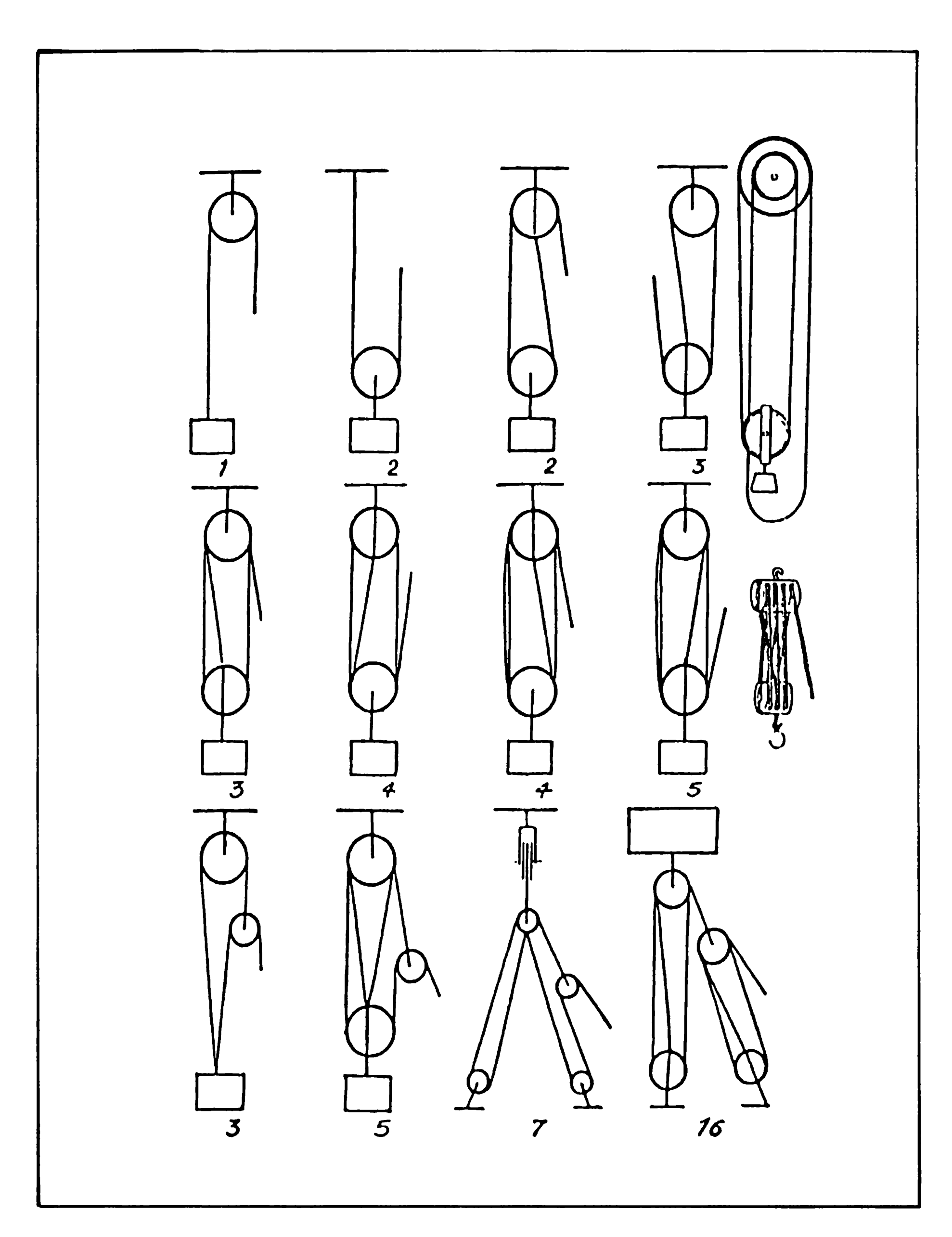


شكل (٣٨)

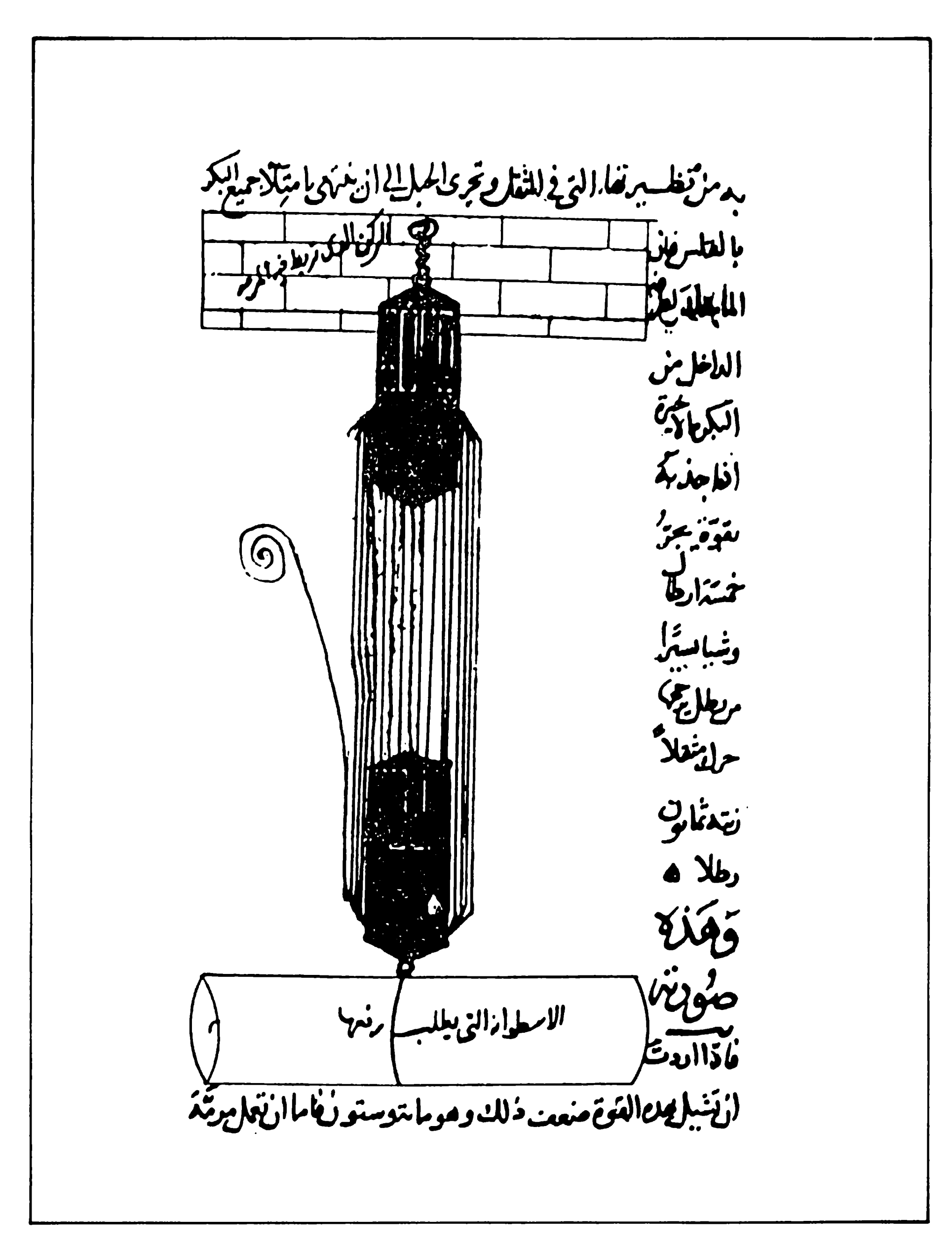
استخدام البكرات لتحقيق فائدة ميكانيكية (Mechanical Advantage) أي لتقليل القوة اللازمة لتحريك أو رفع الأجسام الثقيلة.



شكل (٣٩)
مثال لمجموعات بَكَرات تؤدي الى فائدة ميكانيكية عالية (نسبة الثقل المرفوع إلى القوة المبذولة).

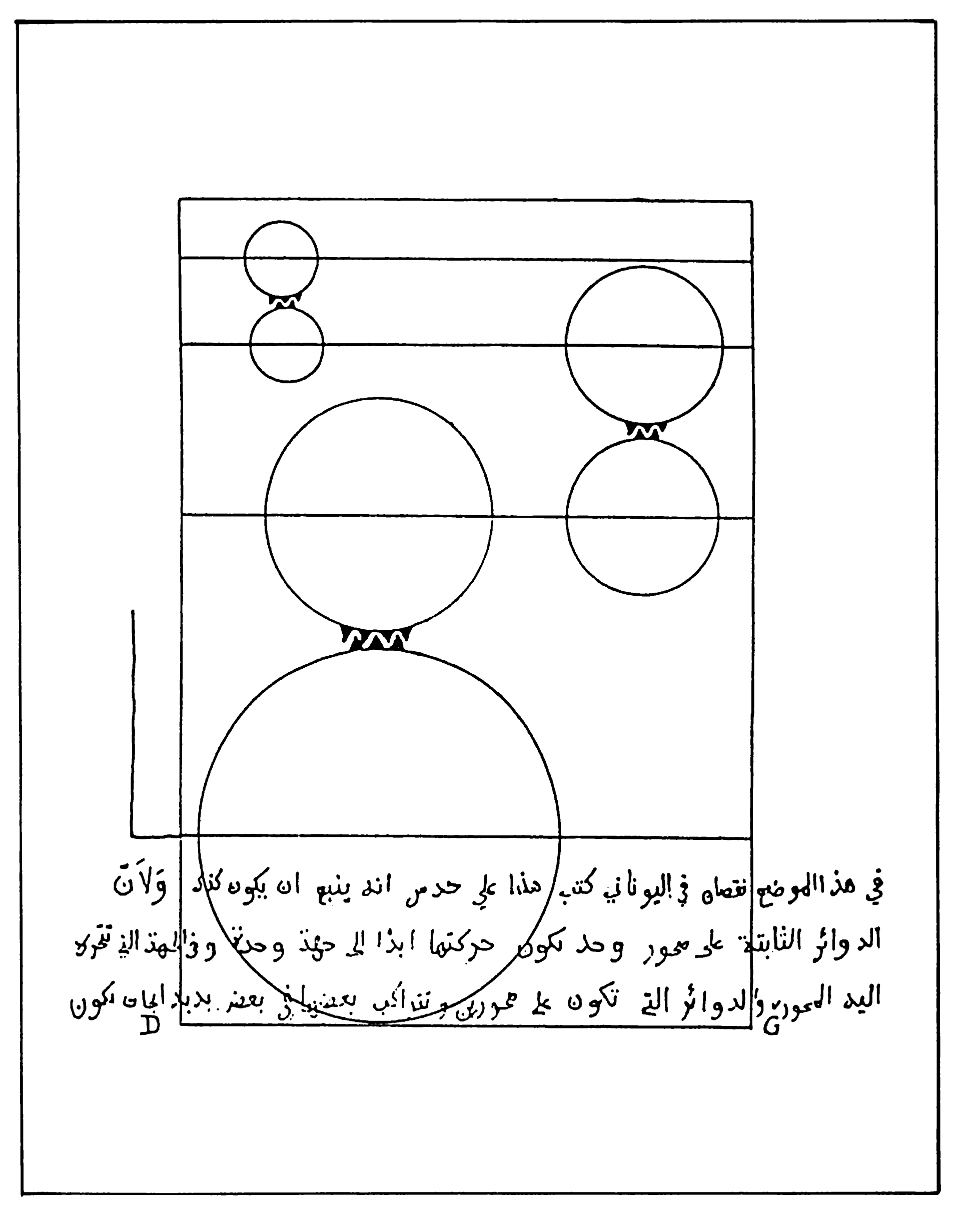


شكل (٤٠)
مجموعات بكرات مُرتّبة بقيم متصاعدة للفائدة الميكانيكية (من ١ الى ١٦).



شكل (٤١)

تطبيق فكرة مجموعة البكرات لرفع جسم ثقيل بواسطة قوة يسيرة، كما وردت بمخطوط تقي الدين بن معروف المحفوظ بمكتبة شستر بيتي بدبلن - رقم : ٥٢٣٢، صفحة ٢٨ .

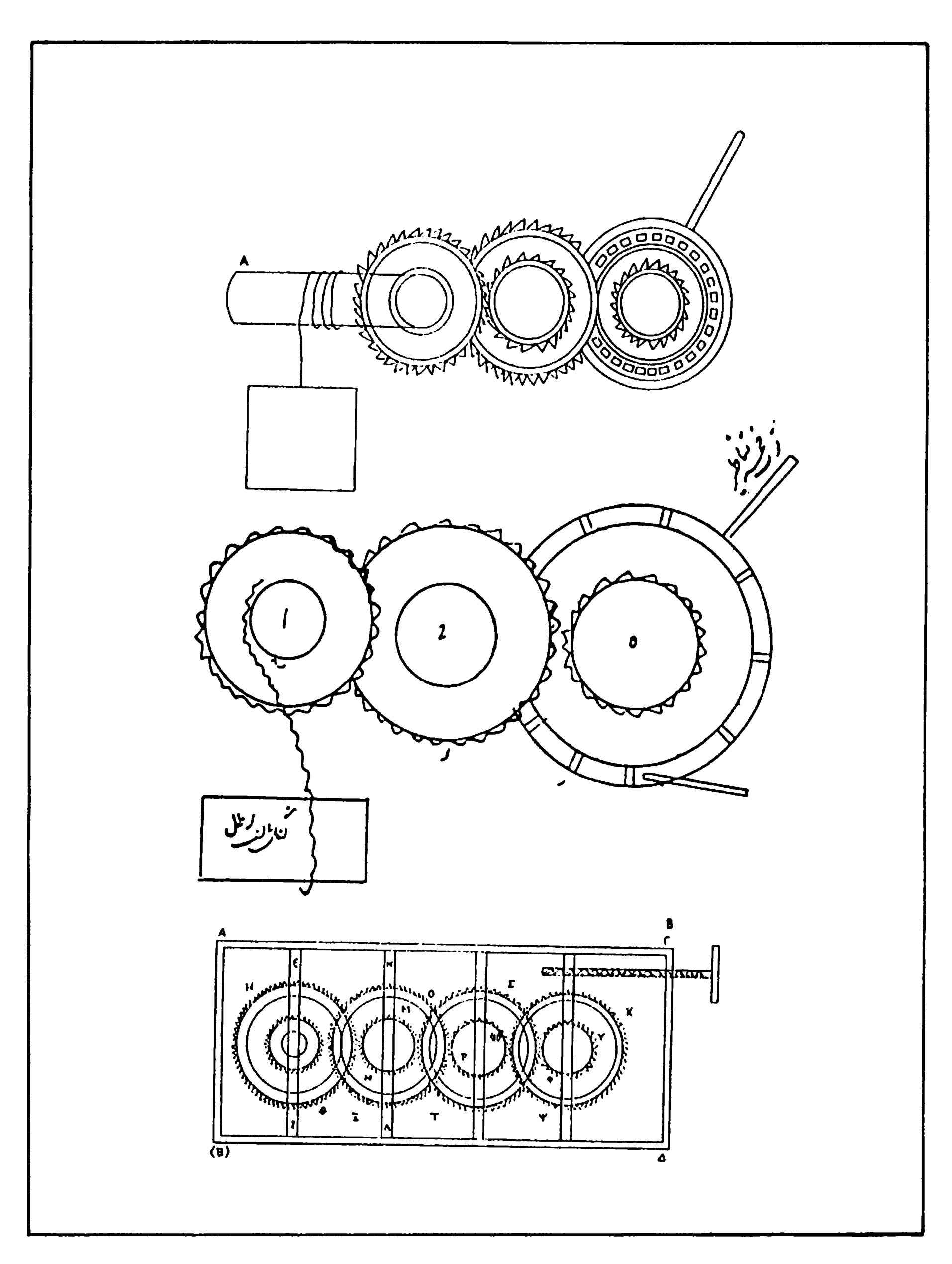


شكل (٤٢)

صندوق مسننات ابتدعه هيرون السكندري لاستخدام القوة اليسيرة لرفع الاجسام الثقيلة .

The "Barulkos" after Heron of Alexandria.

(عن مخطوط مكتبة جامعة ليدن بهولندا)



شكل (٤٣)

استخدام مجموعات المسنّنات لرفع الأجسام الثقيلة بواسطة قوى يسيرة.

(عن مخطوط هيرون السكندري بمكتبة جامعة ليدن).

تحرك بتداخله اسنان الدولاب الثاني فتحرك بتداخله
اسنان الدولاب الثالث فالنقل على محور ورفع بركة
يسحب خمسة ارطال ثقلا وزنه ثلاث الاف رطل ورمانه

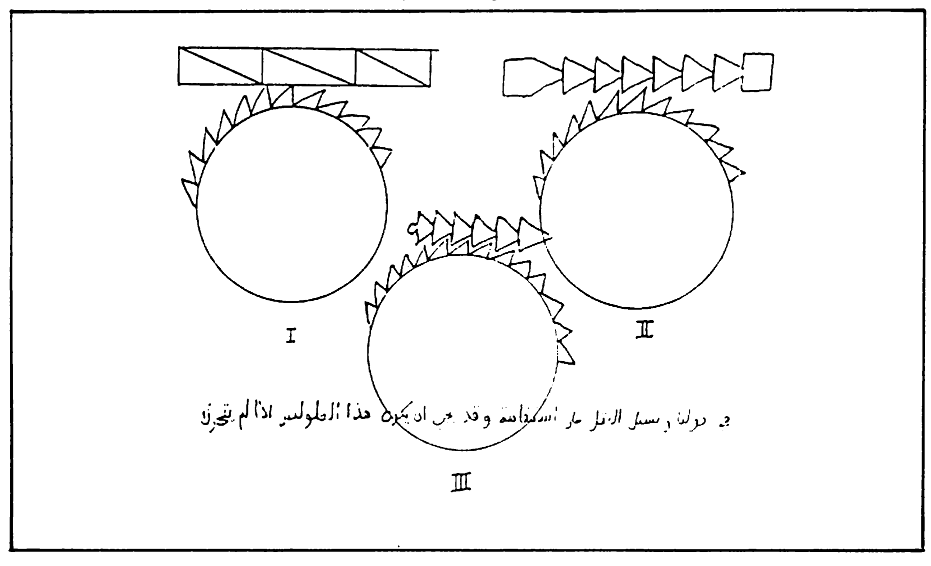
وهذه صورته

الاسطوانة التي تطلب جرها او رفعها

شكل (٤٤)

استخدام الدواليب متداخلة الأسنان (الدَّندانجات) في رفع الأثقال لتقي الدين ابن معروف.

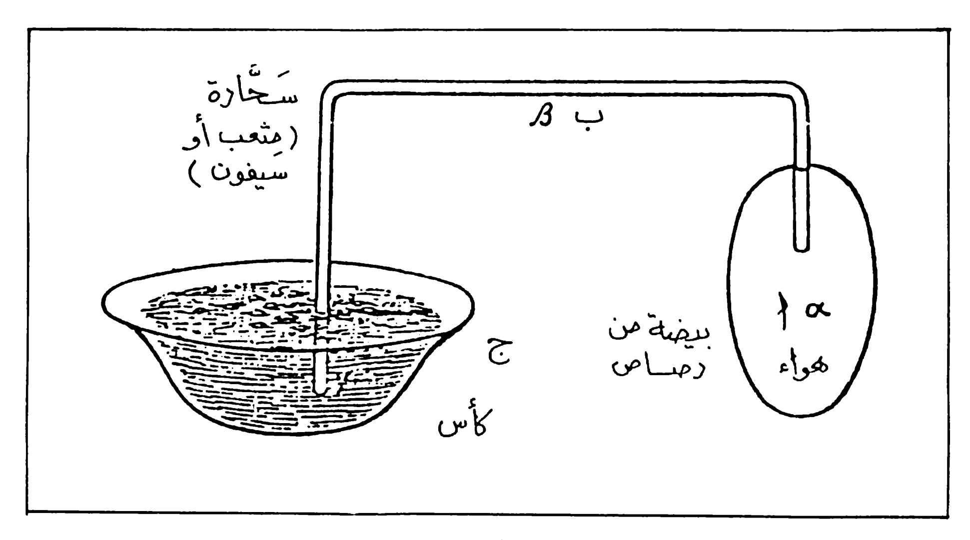
(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢، صفحة ٢٦).



شكل (٤٥)

لولب متعاشق مع عجلة مسننة(١) لهيرون السكندري.

(عن مخطوط مكتبة جامعة ليدن بهولندا).

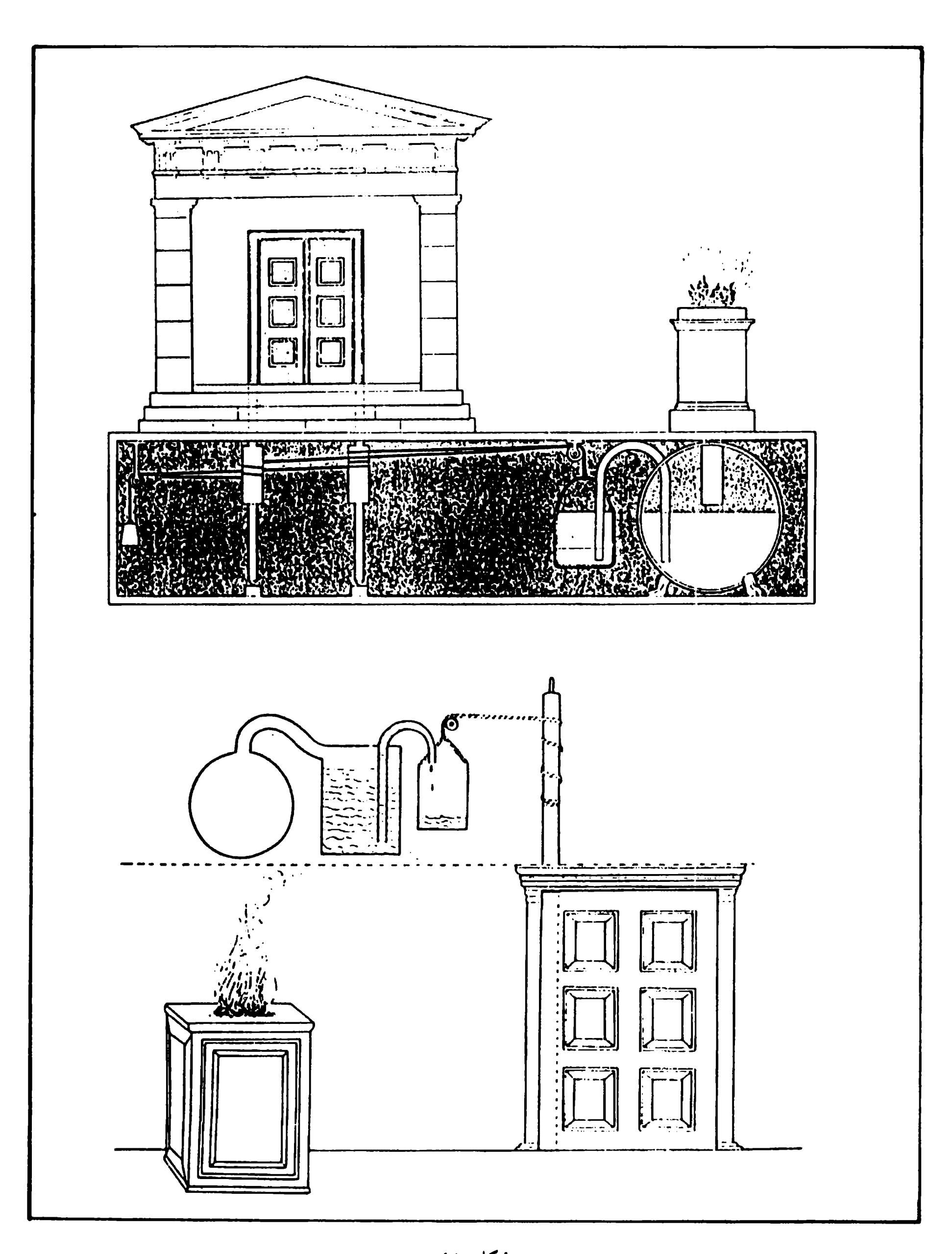


شكل (٤٦)

حيلة لفيلون البيزنطي للتدليل عمليا على تمدد الهواء بالحرارة، وعلى استحالة الخلاء «بحلول الماء مكان الهواء المتمدد الخارج من المجموعة».

شكل (٤٧)

تجربة من تجارب فيلون البيزنطي لاثبات استحالة الخلاء، ففي الجهاز المبين يؤدّي إشعال السِّراج الى «بلى» الهواء المحتبس في الجرة، ومن ثم يرتفع الماء في الاناء ليحل محل الهواء المتناقص في الحجم بالاحتراق.



شكل (٤٨)

الاستعانة بالتمدد بفعل الحرارة في إحداث حركة غير مرئية الفاعل أو التّدبير، ومن ثمّ ظهرت - في رأيي - تسمية: «الآلات الروحانية» عند الاغريق.

٢٣,٢ ـ آلات وأواني تعمل بالماء

الساعات

يعرِّف حاجي خليفة «آلات الساعات»، فيقول في الجزء الأول من كتابه: «كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون[١]»:

علم البنكامات[٢]

يعني الصور والأشكال المصنوعة لمعرفة الساعات المستوية والزمانية، فإذا هو علم يُعرف به كيفية اتخاذ آلات يقدر بها الزمان.

وموضوعه حركات مخصوصة في أجسام مخصوصة تنقضي بقطع مسافات مخصوصة.

وغـايته معرفة أوقات الصلوات وغيرها من غير ملاحظة حركات الكواكب، وكذلك معرفة الأوقات المفـروضة للقيام في الليل، إما للتَّهجُّد او للنظر في تدابير الدول، والتأمل في الكتب والصكوك والخرائط المنضبط بها أحوال المملكة والرعايا. ولا يخفي أن هذين الأمرين فرضا كفاية، وما لا يتم الواجب إلاّ به فهو واجب.

واستمداده من قسمي الحكمة الرياضي والطبيعي، ومع ذلك يحتاج الى ادراك كثير، وقوة تصرُّف ومهارة في كثير من الصنائع».

ويستطرد حاجي خليفة حديثه عن آلات الساعات فيقول في تصنيفها:

[أقسام البنكامات]

«وانقسمت البنكامات إلى:

[١] ـ الرَّمليَّة، وليس فيها كثير طائل،

[٢] ـ وإلى بنكامات الماء، وهي أصناف، ولا طائل فيها ايضا،

[٣] ـ وإلى بنكامات دورية معمولة بالدواليب، يدير بعضها بعضا.

وهذا العلم من زياداتي على مفتاح السعادة[٣]، فإن ما ذكره صاحبه من أنه علم آلات الساعة ليس كما ينبغي، فتأمل».

ويعرج حاجي خليفة على الكتب المُصنَّفة في هذا العلم، فيقول:

---

(١) صفحتا ٢٥٥، ٢٥٦.

(٢) ولفظ بنكام فارسي مُعرَّب، أصله بنكان، وخصَّه صاحب الصِّحاح الفارسية بزجاج الساعات الرملية، وهو عام الاستعمال في العربية في كل ما يعلم به الأوقات من الآلات.

(٣) يقصد كتاب «مفتاح السعادة ومصباح السيادة في موضوعات العلوم» لأحمد بن مصطفى الشهير بطاش كبري زاده.

[الكتب المصنَّفة في البنكامات]

«ومن الكتب المصنفة فيه :

[١] ـ «الكواكب الدرية

[٢] ـ «والطرق السنية في الآلات الروحانية» في بنكامات الماء،

كلاهما للعلامة تقي الدين الراصد

[٣] ـ وكتاب بديع الزمان في الآلات الروحانية[١]».

تصنيف الساعات

يُبين شكل (٤٩) التصنيف العام للساعات المعروفة في الحضارة الإسلامية، كما يشير الى طرائق عملها، ويسوق بعض أمثلة لها.

ونعرض فيما يلي للسِّمات البارزة لأنواع الساعات المختلفة.

الساعات الظلِّية

إنَّ أول مقياس للزمن يرجع تاريخه إلى أكثر من ثلاثة آلاف عام حيث كان المصريون القدماء يعتمدون على تباين طول الظِّل لتقدير الوقت، ومن ثمَّ جاءت تسميتها «بالساعات الظلية» (Shadow Clocks)، فكانت أول ساعة ظلية أو مزولة (Sundial) استعملها قدماء المصريين تعود الى حوالي ١٤٥٠ قبل الميلاد.

الساعات المائية

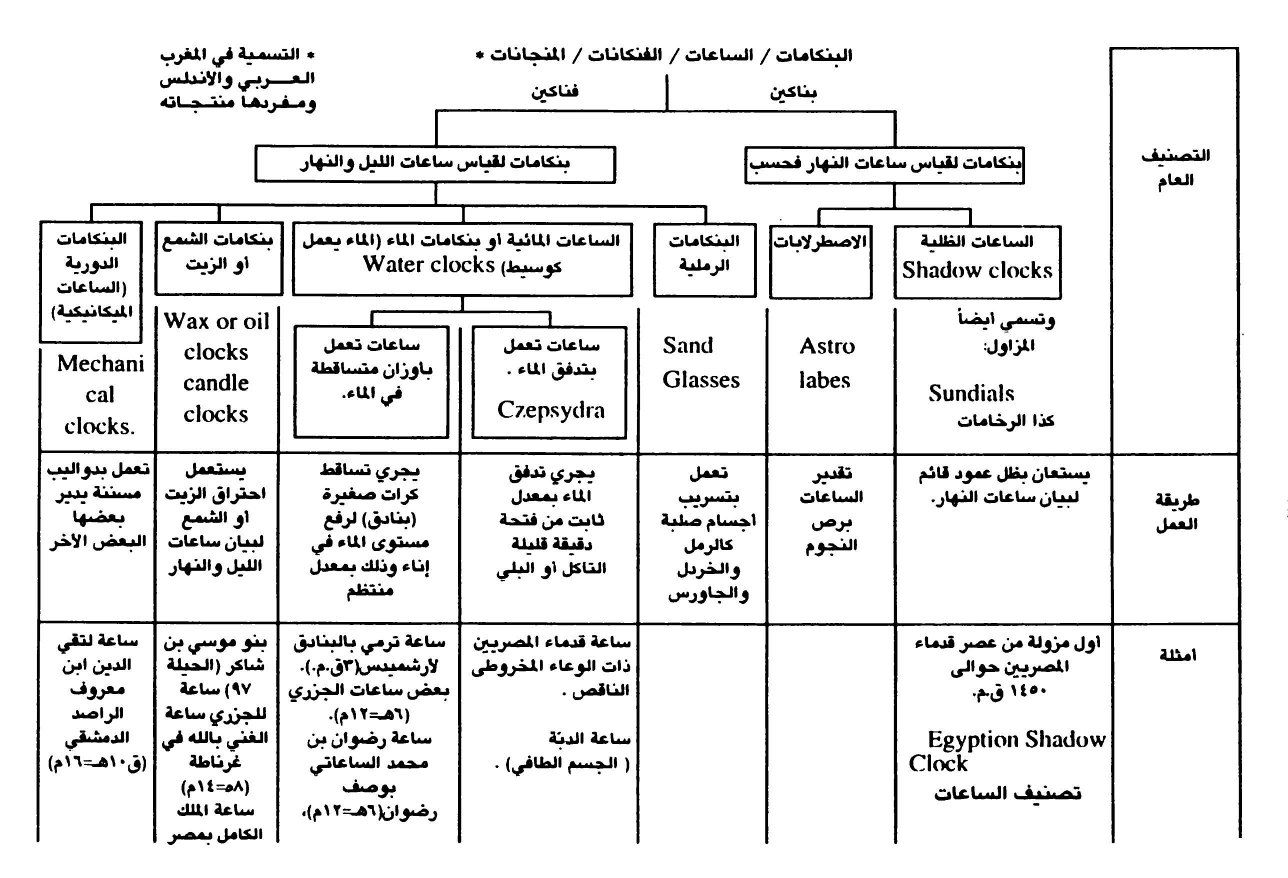
سرعان ما توصل الانسان القديم الى الساعة المائية (Water Clock) أو (Clepsydra)، فقد اعتمد المصريون القدماء في تقديرهم للزمن بالليل والنهار على السواء على قياس تدفُّق الماء من فتحة مُقَدرة مثقوبة عند قاع وعاء حجري على هيئة مخروط ناقص[٢]، شكل (٥٠)، بحيث يدل منسوب الماء المتبقي في الوعاء على الوقت، علماً بأن الوعاء يجري تزويده بتدريج منتظم.

وجدير بالملاحظة أن اختيار الشكل المخروطي للوعاء يؤدي الى تدفق كبير عندما يكون الوعاء مملواً (أي عندما يكون علو الماء عند أوجه)، وتكون مساحة المقطع كبيرة، بينما يقل التدفق كلما انخفض منسوب الماء، بيد انه يصاحب ذلك انخفاض مساحة المقطع، وتنتج عن ذلك حركة منتظمة لمنسوب الماء الموجود بالوعاء، ومن ثم كان التدريج الذي يحمله الوعاء تدريجا منتظما لبيان الساعات.

---

(١) يقصد كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل» لبديع الزمان أبي العز اسماعيل بن الرزاز الجزري.

(٢) Truncated Cone



شكل (٤٩)
تصنيف الساعات

هذا ويبين شكل (٥١) رسما تخطيطيا لساعة مائية (Clepsydra) حيث يتدفق الماء من القمع (١) إلى وعاء اسطوني به عوامة (٢) ترتفع مع تدفق الماء الذي يتم التحكم في معدل سريانه بالموقف (٣)، ويتبين من هذه الترتيبة ووجود أنبوب الفائض إمكان الحصول على تدفق منتظم الى الوعاء الاسطواني، حيث ترتفع العوامة حاملة الجريدة الرئيسية التي تحرك ـ عن طريق المسننات ـ الذراع المشيرة الى الساعة، ويوضح شكل (٥٢) اعتماد التدفق على عمود السائل.

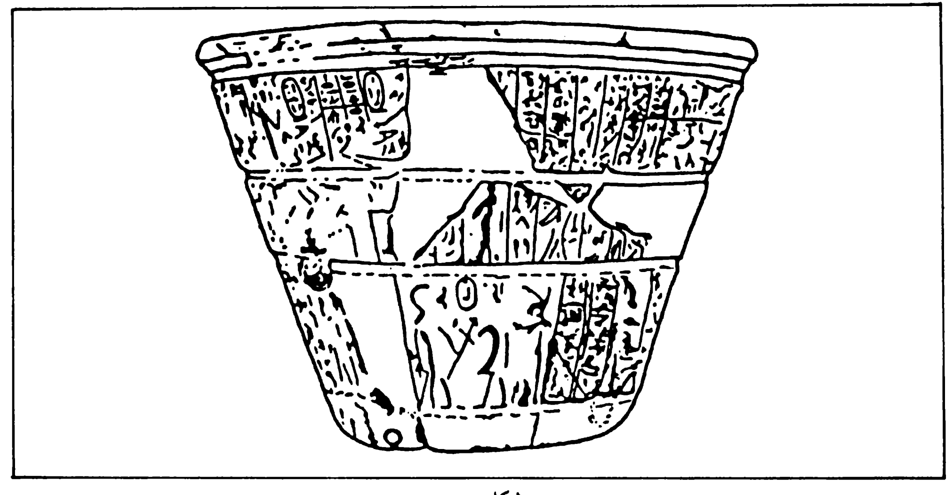
ومن ساعات الماء، ما يتم فيه قياس الفترات الزمنية بإلقاء بندق بشكل منتظم، يرتفع معه مستوى الماء في الوعاء ليبين ما انقضى من الوقت، وتنسب الساعة المائية التي تعمل بنظام البنادق الى أرشميدس.

الساعات الرمّلية

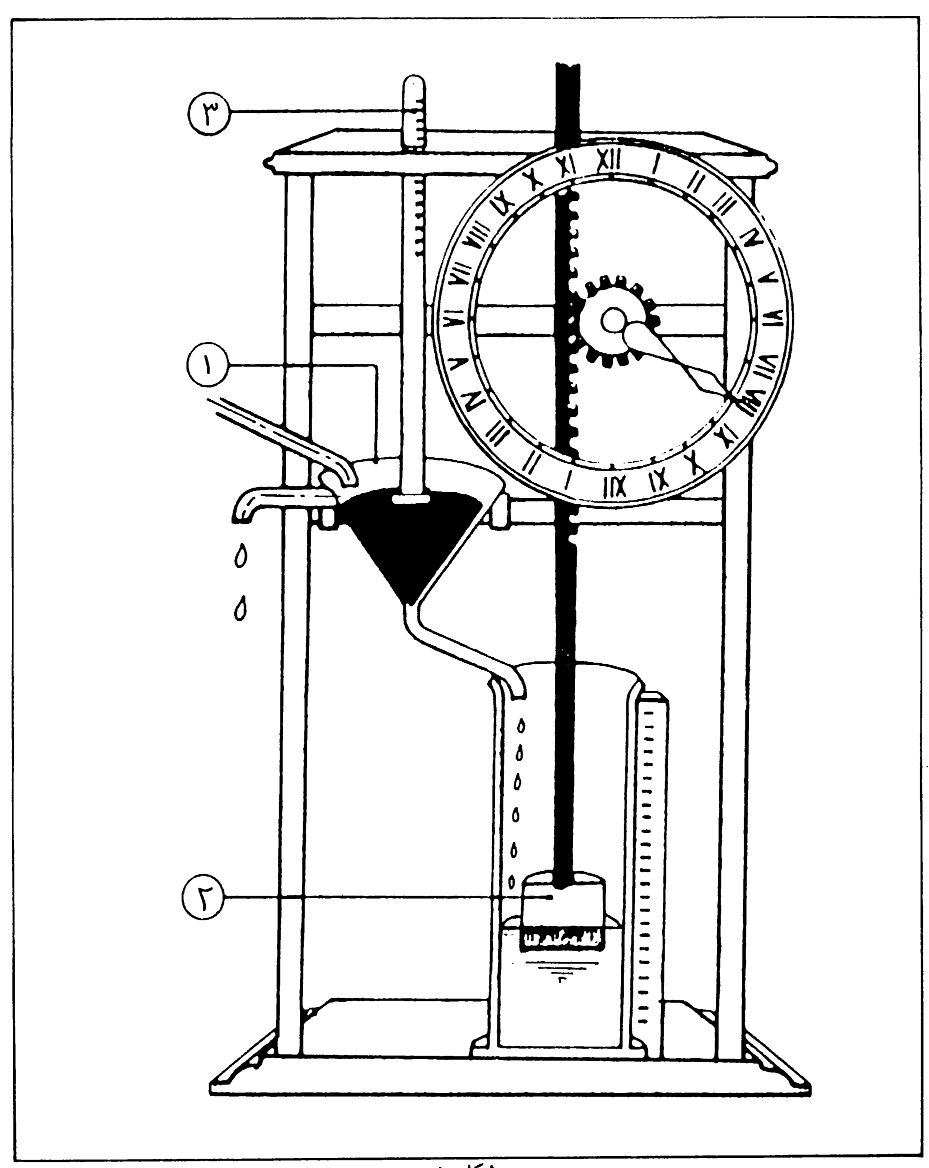
اهتدى الانسان القديم كذلك الى الساعة الرمّلية (Sand Clock) ،وفيها تقاس الفترات الزمنية بمقدار التغير الناتج عن سريان أجسام دقيقة صلبة كحبات الرمل مثلا من فتحة محددة.

ساعات أخرى

وهناك ايضا الساعات التي تعتمد على رصد النجوم (Star Dials) ، وبالتالي إلى معرفة التوقيت بالليل فحسب، كما أن العصر الوسيط قد شهد استعمال ساعات الشموع أو الزيت، وهي ساعات تحمل تدريجا منتظما لبيان ما انقضى من الوقت، وسيأتي بيان هذه الساعات بشيء من التفصيل فيما يأتي (راجع شكل ٥٣ مثلا).



شكل (٥٠)
مثال لساعة مائية من الحضارة المصرية القديمة.



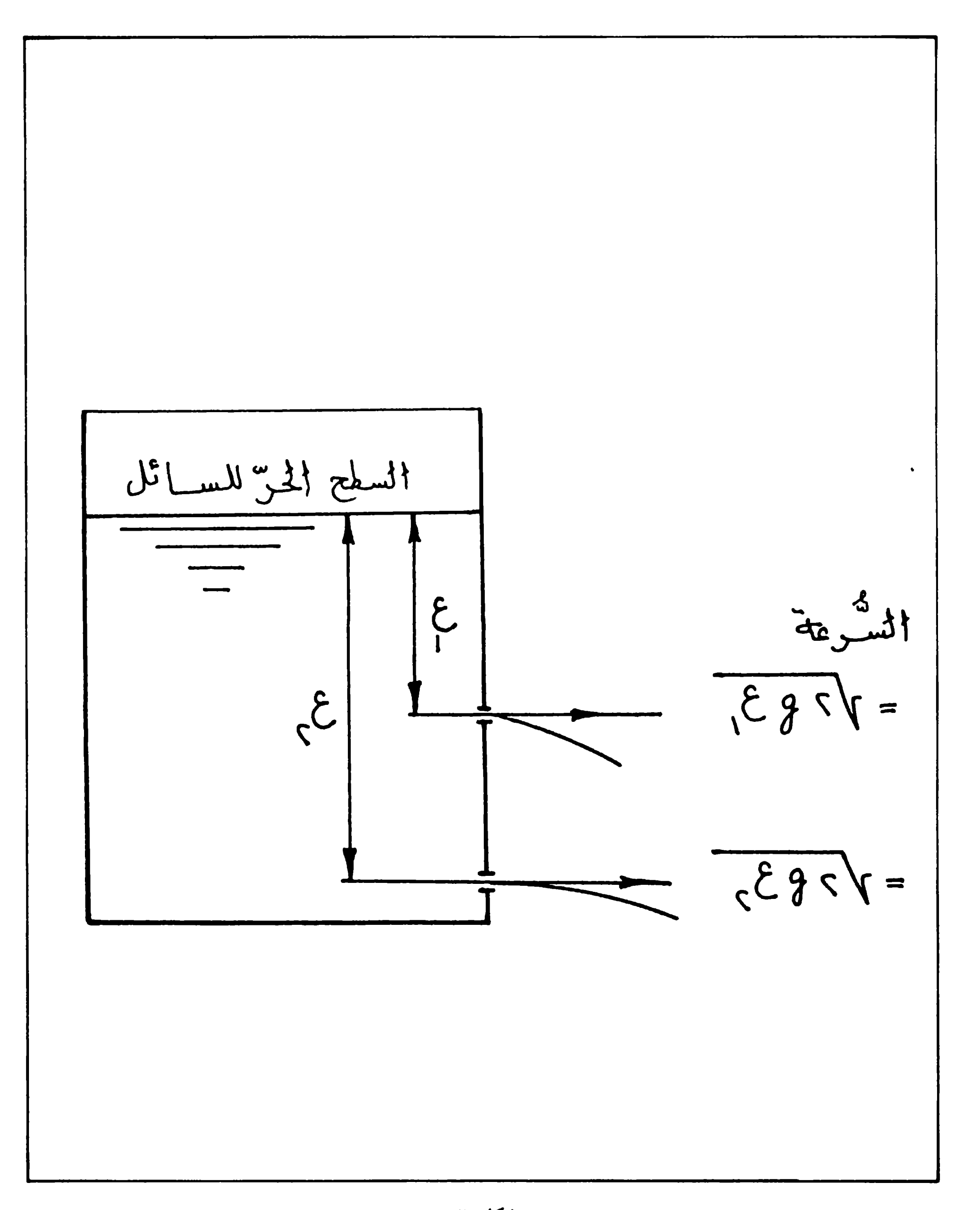
شكل (٥١)

مثال لساعة مائية (Clepsydra) ذات تدفق مائي منتظم :

(١) قمع دخول الماء .

(٢) عوامة ترتفع مع تدفق المء من القمع .

(٣) مُوقف للتحكم في مستوى الماء بالقمع .

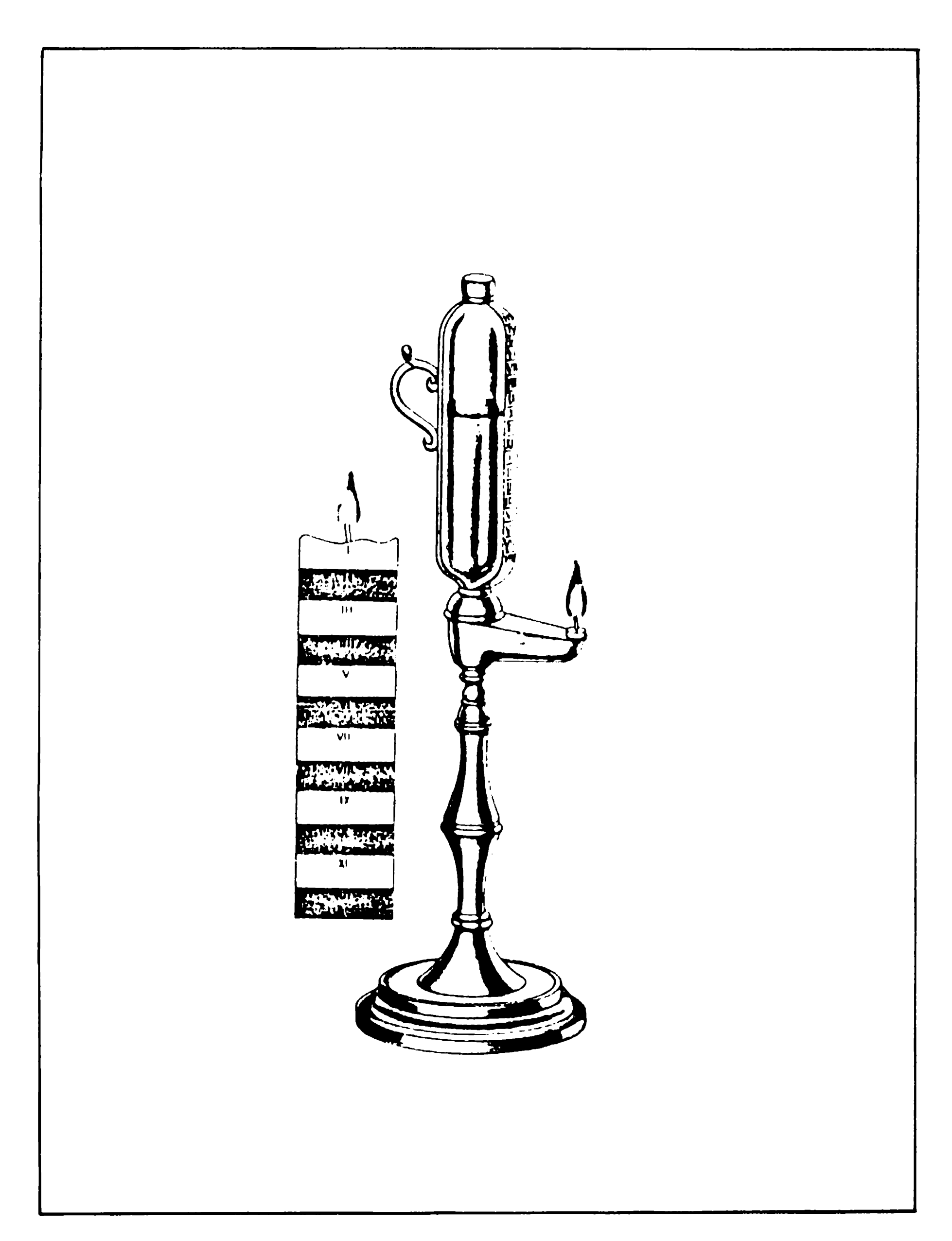


شكل (٥٢)

اعتماد سرعة التدفق على ارتفاع عمود السائل في الوعاء ع ١ ، ع ٢ g = تسارع الجاذبية الأرضية .

(معادلة برنولي **Bernoulli's Equation**)

من هنا جاءت أهمية تثبيت قيمة ع في الساعات المائية ، وذلك بترتيب نظام الفائض: **Overflow** (راجع شكل ٥١).



شكل (٥٣)

مثال لساعة تعمل باحراق الزيت . (Oil Clock)

سراج بني موسى الدالّ على الساعات

يقول بنو موسى بن شاكر في الحيلة (٩٧)، وهي «صنعة سراج يخرج الفتيلة لنفسه، ويصب الزيت لنفسه، وكل من يراه يظن ان النار لا تأكل من الزيت، ولا من الفتيلة شيئا بتة، ويعرف هذا السراج بسراج الله».

يقول بنو موسى في نهاية شرحهم لهذه الحيلة[1]:

«فقد تبين أنّا قد عملنا سراجا يُخرج الفتيلة لنفسه، وقد يمكن لهذا التدبير أن يعمل سراجا يدل على الساعات، فكلما تمت ساعة سقطت بندقة، وهذه لا تقطع على الحقيقة، ولكن تكون قريبة من الحق.

ولو أردنا أن يكون كلما مضى يوم طرحت دبة ط باستقلالها بندقة، فيكون الانسان إذا أراد أن يعلم مُذْ كَمْ استوقِد هذا السراج، ينظر الى عدد البنادق، فيحسب بكل بندقة يوما..».

صندوق الساعات
بوصف الامام محمد بن محمد بن محمد الغزالي
(ت: ٥٠٥ هـ = ١١١١م)

صندوق الساعات هو ساعة مائية من النوع القابل للنقل، وهو النوع الذي كان الملوك يهدونه الى ملوك آخرين كالساعة التي قام هارون الرشيد باهدائها الى شارلمان ملك فرنسا (١٢٥ ـ ١٩٩ هـ) = (٧٤٢ ـ ٨١٤م).

ويورد حجة الاسلام الامام الغزالي وصفا تفصيليا لصندوق الساعات على عصره فيقول[2]:

«إنه لابد فيه من آلة على شكل اسطوانة تحوى مقدارا من الماء معلوما، وآلة اخرى مجوفة موضوعة في هذه الاسطوانة فوق الماء، وخيط مشدود أحد طرفيه في هذه الآلة المجوفة، وطرفه الآخر في اسفل ظرف صغير موضوع فوق الآلة المجوفة، وفيه كرة وتحته طاس، بحيث لو سقطت الكرة وقعت في الطاس وسمع طنينها، ثم ثقب اسفل الآلة الاسطوانية ثقبا بقدر معلوم ينزل الماء منه قليلا قليلا، فإذا انخفض الماء انخفضت الآلة المجوفة الموضوعة على وجه الماء، فامتد الخيط المشدود بها، فحرك الظرف الذي فيه الكرة تحريكا يقرّبه من الانتكاس الى ان ينتكس، فتتدحرج منه الكرة، وتقع في الطاس وتطن، وعند انقضاء كل ساعة تقع واحدة، وانما يتقدر الفصل بين الوقعتين بتقدير خروج الماء وانخفاضه، وذلك بتقدير سعة الثقب الذي يخرج منه الماء، ويعرف ذلك بطريق الحساب، فيكون نزول الماء بقدر معلوم بمقدار مُقدَّر معلوم، بسبب تقدير سعة الثقبة بقدر معلوم، ويكون انخفاض أعلى الماء بذلك المقدار، وبه يتقدر.

---

(١) مخطوط برلين ـ فهرس الواردات ـ رقم: ٥٥٦٢، صفحة 70 B

(٢) عن كتاب «الأربعين في أصول الدين» للامام الغزالي، نشر المطبعة التجارية بالقاهرة، ومطبعة الاستقامة، صفحة ١٣.

وانخفاض الآلة المجوفة، وانجرار الخيط المشدود بها، وتولُّد الحركة من الظرف الذي فيه الكرة، وكل ذلك يتقدر بتقدر سببه لا يزيد ولا ينقص.

ويمكن أن يجعل وقوع الكرة في الطاس سببا لحركة اخرى، وتكون الحركة الاخرى سببا لحركة ثالثة، وهكذا الى درجات كثيرة حتى يتولد منها حركات عجيبة بمقادير محددة، وسببها الأول نزول الماء بقدر معلوم.»

ويستطرد الامام الغزالي قائلا:

«فإذا تصورت هذه الصورة، فاعلم ان واضعها يحتاج الى ثلاثة أمور:

أولها: التدبير، وهو الحكم بأنه ما الذي ينبغي ان يكون من الآلات والأسباب والحركات حتى يؤدي الى حصول ما ينبغي أن يحصل، وذلك هو الحكم.

الثاني: ايجاد هذه الآلات التي هي الأصول، وهي الآلة الاسطوانية، والآلة المجوفة لتوضع على وجه الماء، والخيط المشدود بها، والظرف الذي فيه الكرة، والطاس الذي تقع فيه الكرة، وذلك هو القضاء.

الثالث: نَصْب سبب يوجب حركة مقدرة محسوبة محدودة، وهو ثقب أسفل الآلة ثقبة مقدرة السعة ليحدث بنزول الماء منها حركة في الماء تؤدي الى حركة وجه الماء بنزوله. ثم الى حركة الآلة المجوفة المضوعة على وجه الماء، ثم الى حركة الخيط، ثم الى حركة الظرف الذي فيه الكرة، ثم الى حركة الكرة، ثم الى الصدمة بالطاس اذا وقعت، ثم الى الطنين الحاصل منها، ثم الى تنبُّه الحاضرين واسماعهم، ثم الى حركاتهم في الاشتغال بالصلوات والاعمال عند معرفتهم بانقضاء الساعة.

وكل ذلك يكون بقدر معلوم، ومقدار مُقدَّر بسبب تقدر جميعها بقدر الحركة الأولى، وهي حركة الماء.

فإذا فهمت ان لهذه الحركات اصولا لابد منها للحركة، وان الحركة لابد من تقديرها، ليقدر ما يتولد فيها، فكذلك فافهم حصول الحوادث المقدرة التي لا يتقدم منها شيء ولا يتأخر.»

إن هذا الوصف التفصيلي الرائع لصندوق الساعات قد جاء على لسان حجة الاسلام الامام الغزالي في معرض حديثه عن القضاء والقدر واتخاذه للساعة المائية مثلا لتقريب المعاني.

وتدل كلمات الامام الغزالي على أنه كان على بينة من أمر صندوق الساعات وطريقة عمله. ومن الواضح ان الساعة التي وصفها الغزالي تنتمي الى النوع الأول من الساعات المائية، ذلك النوع الذي يعمل بتدفق الماء من فتحة مقدرة بمعدل ثابت، أما حركة الكرات فهي حركة تابعة قُصد بها الاعلان عن انقضاء فترة زمنية محددة، وليس للكرة اي دخل في عمل الساعة ذاتها.

الساعة التي وصفها ابن جُبير[1]
(٥٣٩ ـ ٦١٤ هـ) = (١١٤٤ ـ ١٢١٧م)

يقول ابن جُبير في كتابه «رحلة ابن جُبير» عند الحديث عن دمشق وجامعها الكبير[2] :

«وعن يمين الخارج من باب جيرون، في جدار البلاط الذي أمامه غرفة، ولها هيئة طاق كبير مستدير فيه طيقان صفر قد فتحت أبوابا صغارا على عدد ساعات النهار، ودبرت تدبيرا هندسيا[3]، فعند انقضاء ساعة من النهار تسقط صنجتان من صَفر من فمي بازيين مُصوَّرين من صَفر قائمين على طاستين من صَفر، تحت كل واحد منهما: أحدهما تحت أول باب من تلك الابواب، والثاني تحت آخرها، والطاستان مثقوبتان، فعند وقوع البندقتين فيهما تعودان داخل الجدار الى الغرفة، وتبصر البازيين يمدان اعناقهما بالبندقتين الى الطاستين، ويقذفانهما بسرعة بتدبير عجيب تتخيله الأوهام سحرا، وعند وقوع البندقتين في الطاستين يسمع لهما دوي، وينغلق الباب الذي هو لتلك الساعة للحين بلوح من صَفر، لا يزال كذلك عند كل انقضاء ساعة من النهار حتى تنغلق الأبواب كلها وتنقضي الساعات، ثم تعود الى حالها الأول.

ولها بالليل تدبير آخر، وذلك أن في القوس المنعطف على تلك الطيقان المذكورة اثنتي عشرة دائرة من النحاس مخرمة، وتعترض في كل دائرة زجاجة من داخل الجدار في الغرفة، مدبر ذلك كله منها خلف الطيقان المذكورة، وخلف الزجاجة مصباح يدور به الماء على ترتيب مقدار الساعة، فإذا انقضت عَمَّ الزجاجةَ ضوءُ المصباح، وفاض على الدائرة أمامها شعاعها، فلاحت للأبصار دائرة محمرَّةً، ثم انتقل ذلك الى الأخرى حتى تنقضي ساعات الليل وتحمرّ الدوائر كلها، وقد وكل بها في الغرفة متفقد لحالها، دَرِبٌ بشأنها وانتقالها، يعيد فتح الابواب وصرف الصنج الى موضعها، وهي التي يسميها الناس «المنجانة».»

وجدير بالذكر أن ابن جبير قد زار «الجزيرة» (التي ينسب إليها بديع الزمان اسماعيل بن الرزاز الجزري) سنة ٥٨٠ هـ = ١١٨٤م.

الساعات او البناكم في أعمال الجزري[4]

أورد الجزري تحت النوع الاول من الحيل الهندسية عشرة فناكين أو بناكيم، يُعرف منها مضّي الساعات المستوية والزمانية، ست منها تعمل بالماء، بينما تعمل الساعات الأربع الأخرى بالشمع، ونفصل ذلك فيما يأتي:

---

(١) هو أبو الحسن محمد بن احمد بن جبير الكناني الأندلسي.

(٢) منشورات دار ومكتبة الهلال، بيروت، الطبعة الثانية، سنة ١٩٨٦م، صفحتا ٢١٨، ٢١٩.

(٣) راجع شكل (٥٤).

(٤) هو اسماعيل بن الرزاز الجزري صاحب «كتاب الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل»، أتمه سنة ٦٠١ ـ ٦٠٣ هـ = ١٢٠٤ ـ ١٢٠٦ م.

الساعات المائية

١ ـ بنكام يُعرف منه مضى ساعات زمانية بالماء، شكل (٥٥).
٢ ـ فنكان الطبالين، يعرف منه مضي ساعات زمانية، شكلا (٥٦) و(٥٧).
٣ ـ فنكان الزورق.
٤ ـ فنكان الفيل، يعرف منه مضى الساعات المستوية، شكلا (٥٨) و (٥٩).
٥ ـ فنكان الكاس، يعرف منه مضي الساعات المستوية وأجزائها، شكل (٦٠).
٦ ـ فنكان الطواويس، يعرف منه مضي ساعات مستوية.

الساعات التي تعمل بالشمعة

٧ ـ فنكان السياف، يعرف منه مضي ساعات مستوية بالشمعة، شكلا (٦١) و (٦٢).
٨ ـ فنكان الكاتب، ويعرف منه مضي ساعات مستوية وأجزائها بالشمعة.
٩ ـ فنكان القرد، يعرف منه مضي ساعات مستوية وأجزائها بالشمعة.
١٠ ـ فنكان الأبواب، يعرف منه مضي ساعات مستوية بالشمعة.

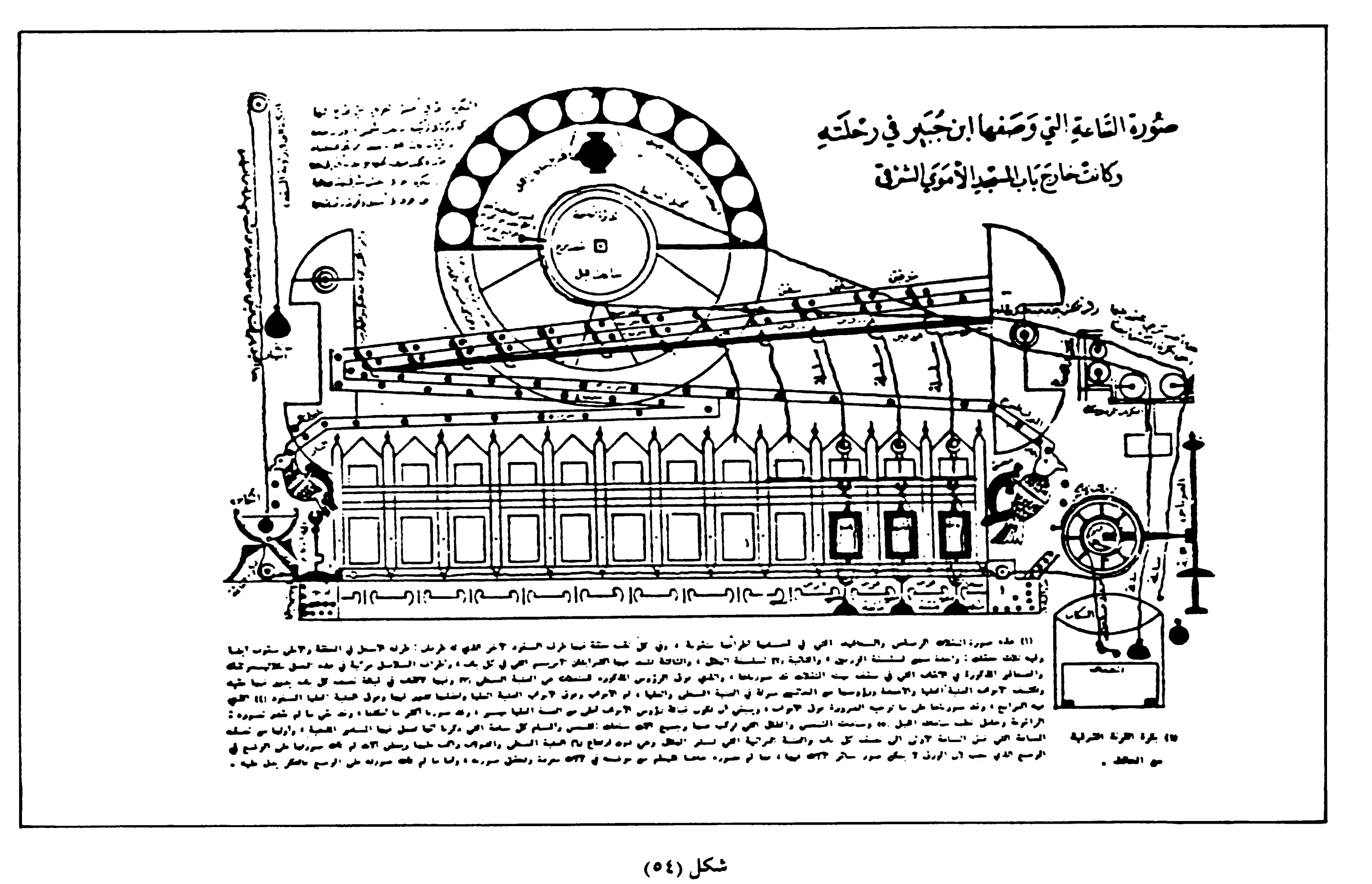
ساعة المستنصرية ببغداد
وصف ساعة آلّية من القرن ٧هـ = ١٣م

يروى تيمور باشا عن مخطوط قديم مجهول العنوان والمؤلف، رُتِّب بحسب الوقائع التي حدثت بين سنتي ٦٢٦، ٧٠٠ هـ ، أنه جاء عند سرد حوادث سنة ٦٣٣ هـ = ١٢٣٥م وصف ساعة غريبة في المدرسة المستنصرية[1] حيث يقول المؤلف المجهول:
«بُني في حائط صُفة الإيوان دائرة، وصورت فيها صورة الفلك، جعلت فيها طاقات لِطَاف، لها أبواب لطيفة، وفي الدائرة بازيان من ذهب، في طاسين من ذهب، وراءهما بندقتان لا يدركهما الناظر.

فعند مُضي كل ساعة ينفتح فما البازين، وتقع منهما البندقتان، والباب مذهب، فيصير حينئذ مفضضا، واذا وقعت البندقتان في الطاسين تذهبان الى مواضعهما، ثم تطلع اقمار من ذهب في سماء لازوردية في ذلك الفلك مع طلوع الشمس الحقيقية، وتدور مع دورانها، وتغيب مع غيوبها، فإذا جاء الليل فهناك أقمار طالعة من ضوء خلفها، كلما تكاملت ساعة تكامل ذلك الضوء في دائرة القمر، ثم يبتدىء في الدائرة الاخرى الى انقضاء الليل، وطلوع الشمس، فتُعلم بذلك اوقات الصلاة».

---

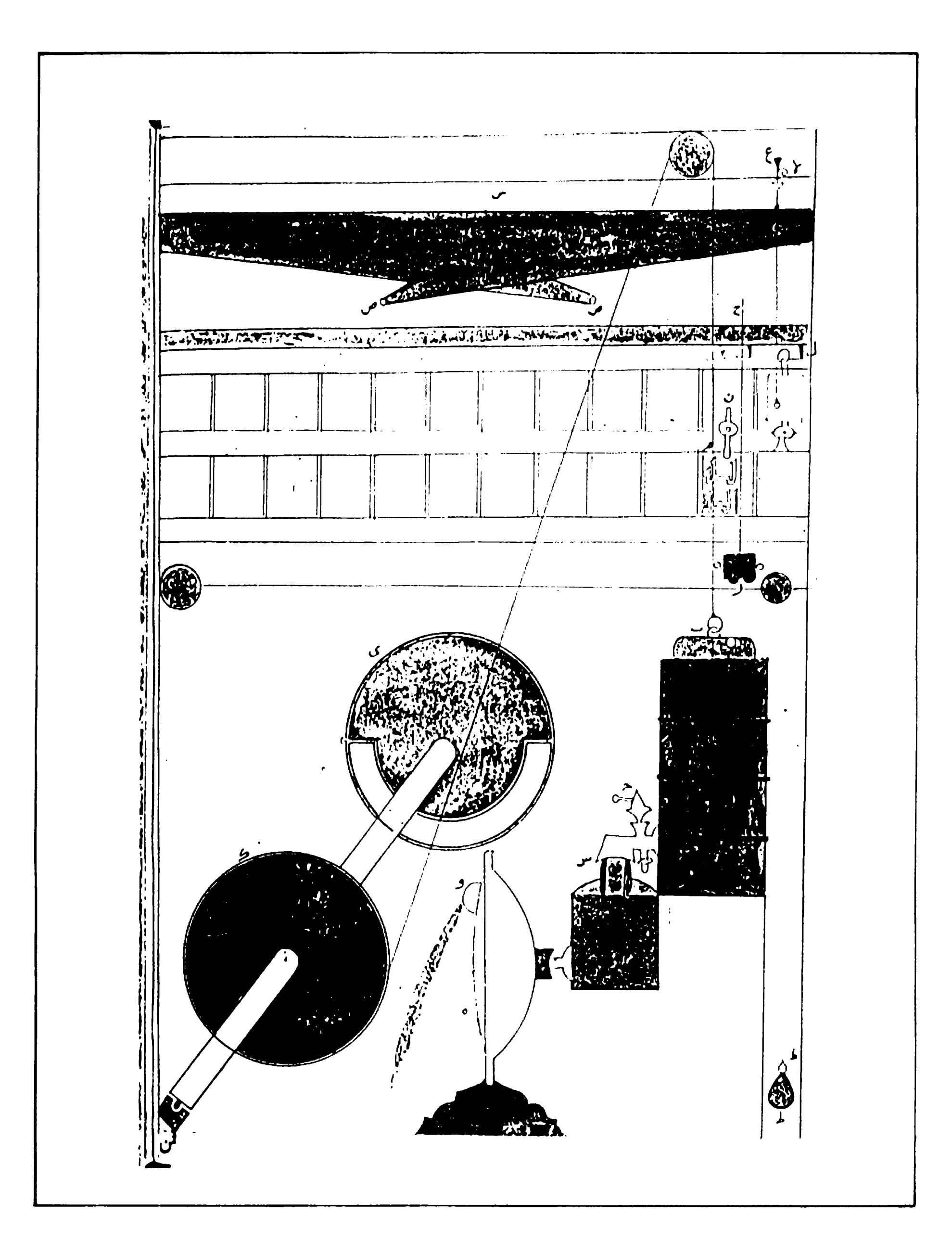
(١) عن كتاب «المرجع في تاريخ العلوم عند العرب» لمحمد عبدالرحمن مرحبا، منشورات دار الفيحاء، صفحتا ٤١٩، ٤٢٠.



شكل (٥٤)

رسم للساعة التي وصفها ابن جبير، وهو مأخوذ عن مخطوطة فخر الدين رضوان بن محمد بن علي بن رستم الخراساني الساعاتي (القرن ٦ هـ = ١٢م).

(الرسم من اعداد محمد احمد دهمان في كتابه «مقدمة في علم الساعات والعمل بها»)



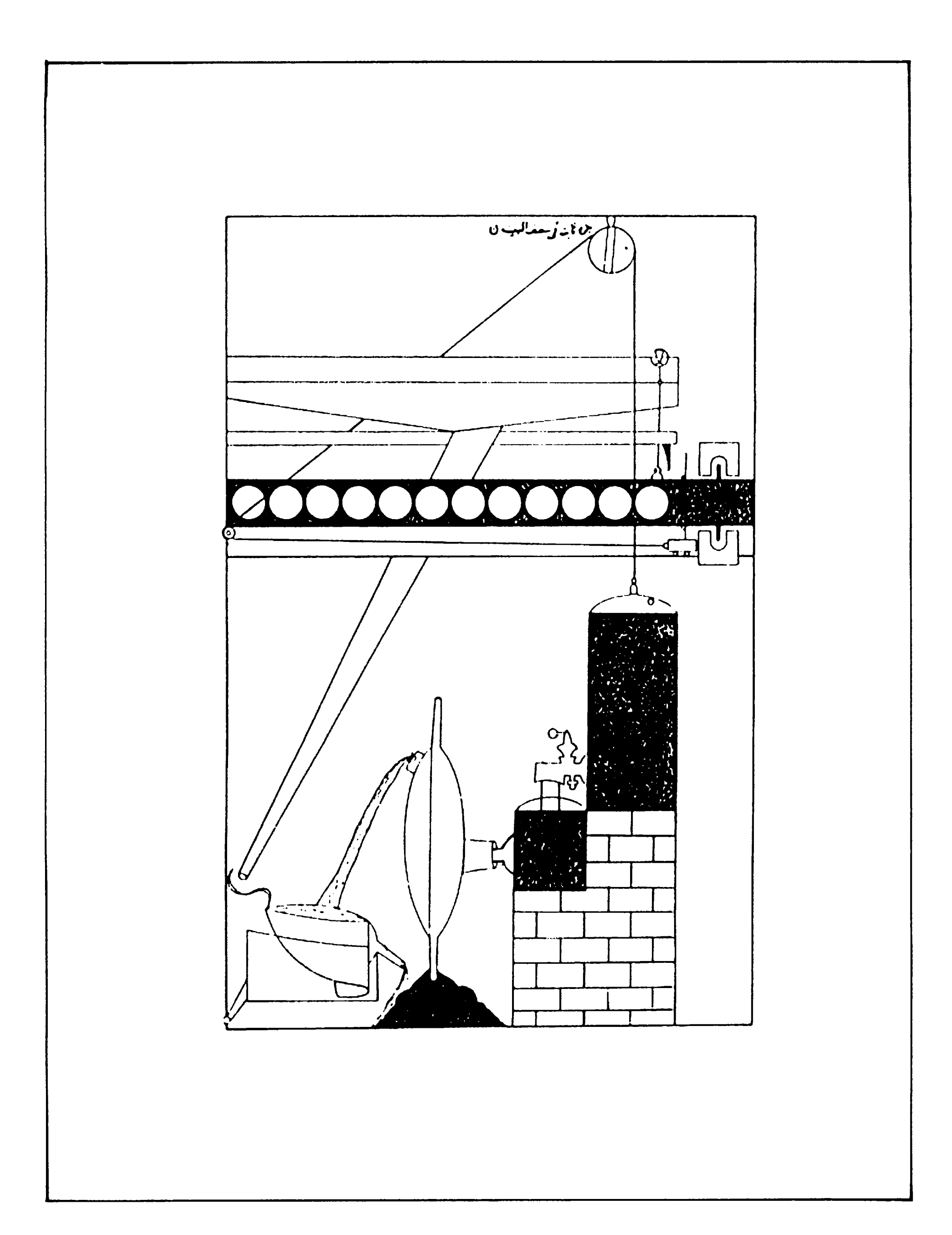
شكل (٥٥)
آلية بنكام يعمل بالماء (الشكل الأول من النوع الأول من أعمال الجزري).



شكل (٥٦)

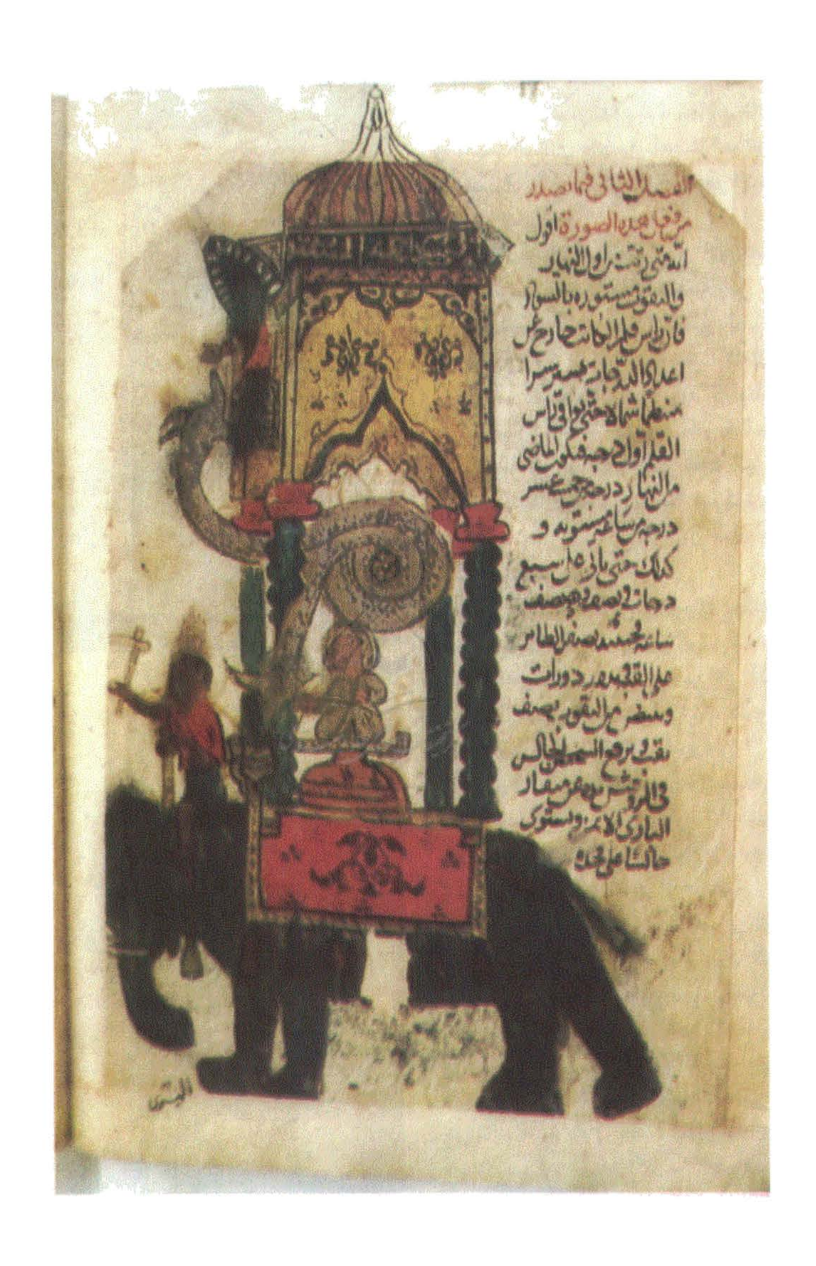
ساعة الطبألين التي تعمل بالماء ـ من اعمال الجزري ـ ومن نسخ فاروق بن عبداللطيف الياقوتي المولوي في رمضان سنة ٧١٥ هـ = ديسمبر ١٣١٥ بسوريا.

(عن مخطوط قاعة فرير للفن بواشنطن)



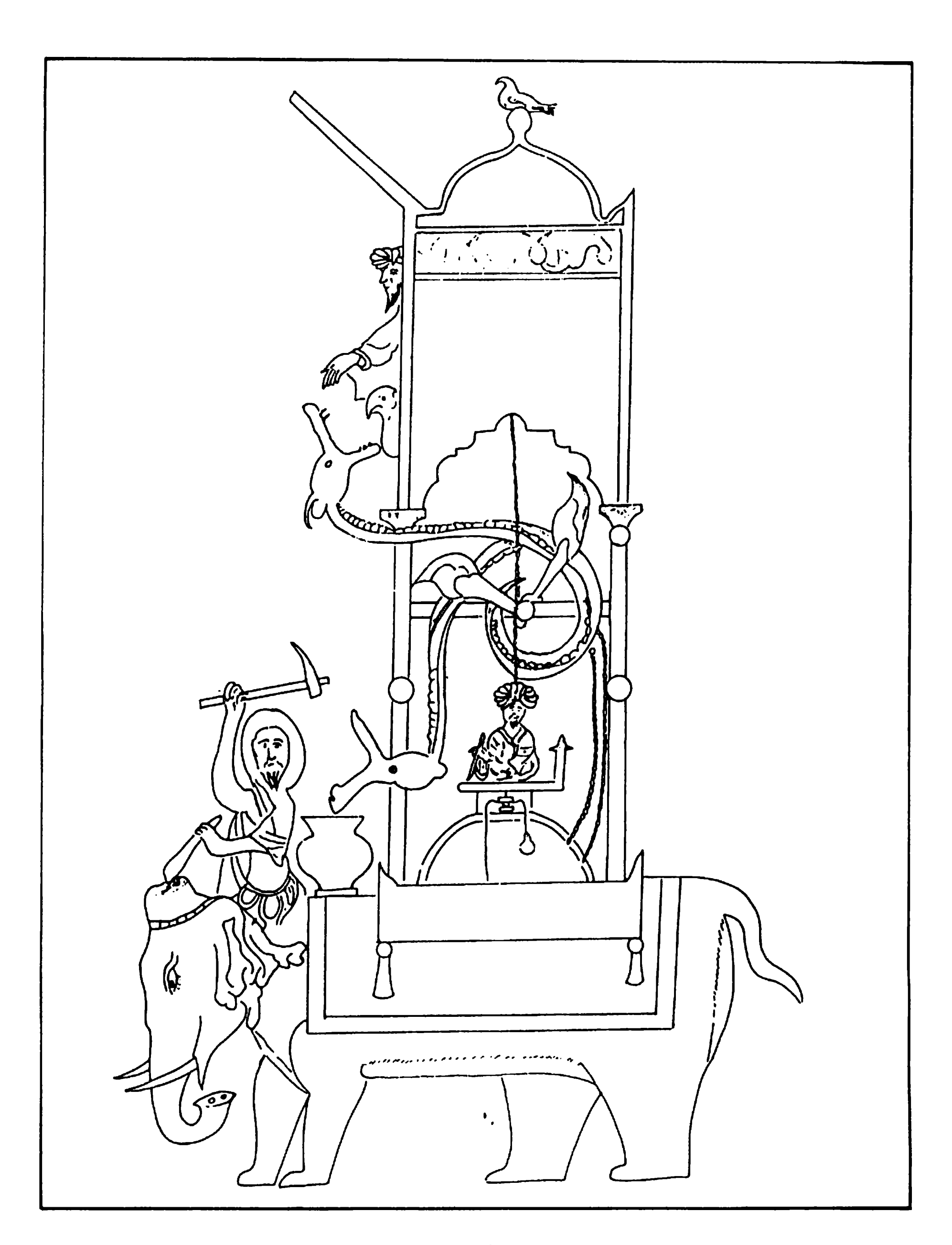
شكل (٥٧)

آلية فنكان الطبَّالين (الشكل الثاني من النوع الأول من أعمال الجزري)

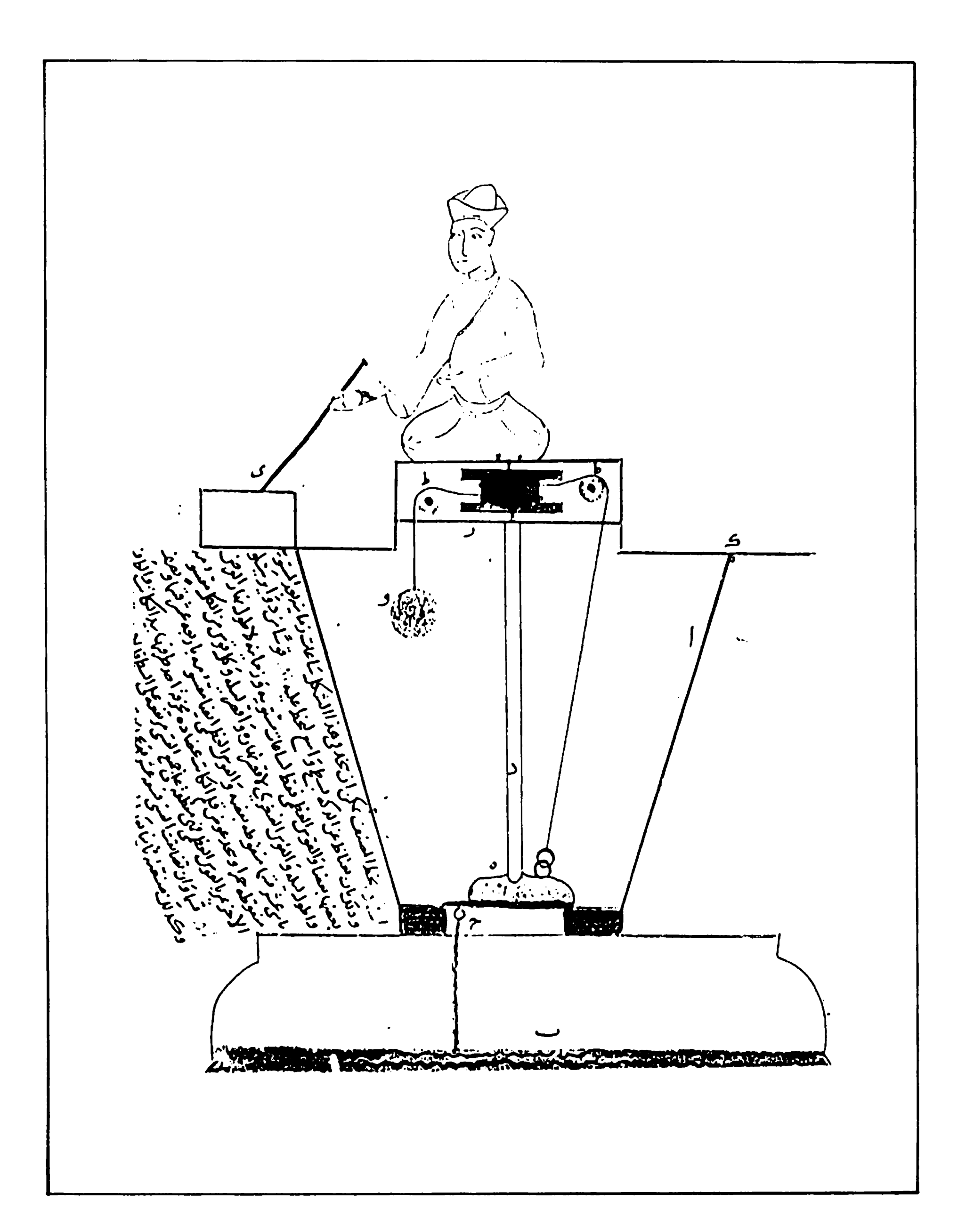


شكل (٥٨)

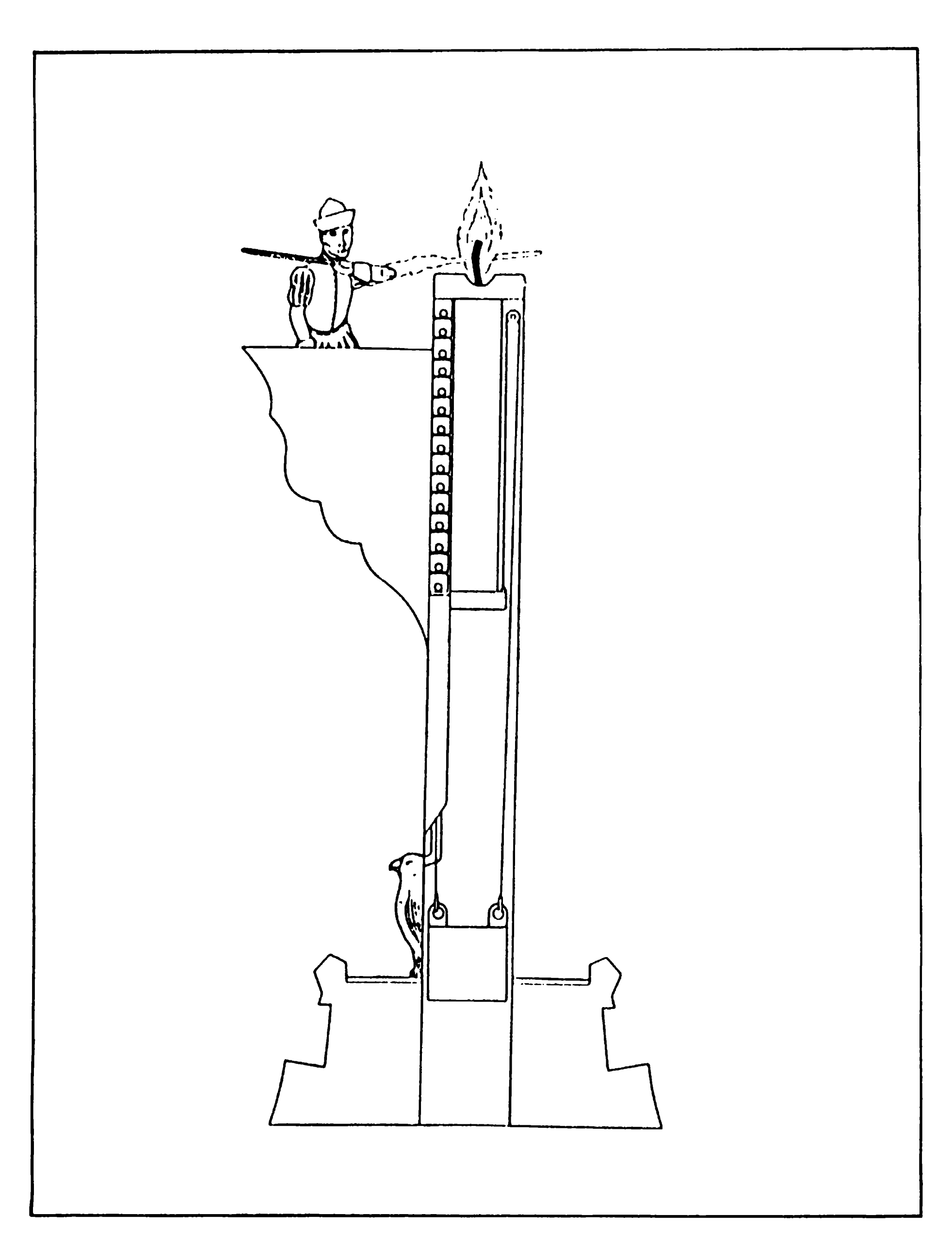
بنكام او ساعة الفيل ـ من أعمال الجزري. (عن مخطوط مكتبة جامعة ليدن بهولندا ـ رقم: شرقي ١١٧)



شكل (٥٩)
رسم تخطيطي لساعة الفيل ـ من أعمال الجزري.



شكل (٦٠)
آلية فنكان الكأس (الشكل الخامس من النوع الأول من أعمال الجزري).



شكل (٦١)

رسم تخطيطي لفنكان السيّاف، ويمثّل ساعة دقاقة تعمل بالشمع ـ من أعمال الجزري.



شكل (٦٢)

ساعة السيَّاف وتعمل بالسِّراج - من أعمال الجزري - ومن نسخ فاروق عبداللطيف الياقوتي المولوي في رمضان سنة ٧١٥ هـ = ديسمبر ١٣١٥م بسوريا (عن مخطوط قاعة فرير للفن بواشنطن).

ساعة السلطان أبي عنان المريني[1]

(٧٥٨ هـ = ١٣٥٦م)

جاء وصف هذه الساعة في كتاب: «جنة زهرة الآس في بناء مدينة فاس» لأبي الحسن علي الجزنائي الفاسي[2]، حيث يقول:

«وقد صنع مولانا المتوكل أبو عنان رحمه الله، «منجانة»[3] بطيقان وطسوس من نحاس مقابلة لباب مدرسته الجديدة التي أحدثها بسوق القصر من فاس، وجعل شعار كل ساعة أن تسقط صنجة في كأس، وينفتح طاق، وذلك في أيام آخرها الرابع عشر لجمادي عام ثمانية وخمسين وسبع مائة، على يد مُؤقته علي بن احمد التلمساني المعدل».

الساعة التي وصفها ابن بطوطة

(٧٠٣-٧٧٧ هـ) = (١٣٠٣ - ١٣٧٥م)

يقول ابن بطوطة[4] في كتابه[5] وذلك في معرض روايته عن مدينة دمشق ومسجدها الأموي:

«وفي هذا المسجد أربعة أبواب: باب قبلي يعرف بباب الزيادة.. وباب شرقي، وهو أعظم أبواب المسجد، ويُسمى بباب جيرون، وله دهليز عظيم يخرج منه الى بلاط عظيم طويل..

وعن يمين الخارج من باب جيرون، وهو باب الساعات، غرفة لها هيئة طاق كبير فيه طيقان صغار مفتحة، لها أبواب على عدد ساعات النهار، والأبواب مصبوغ باطنها بالخضرة، وظاهرها بالصفرة، فإذا ذهبت ساعة من النهار انقلب الباطن الأخضر ظاهرا، والظاهر الأصفر باطنا، ويقال إن بداخل الغرفة من يتولى قلبها بيده عند مضي الساعات..»

ساعة تعمل بالشمع

ساعة الغني بالله في غرناطة بالأندلس

كتب الوزير المؤرخ الأديب لسان الدين بن الخطيب[6] (٧١٣ - ٧٧٦هـ) = (١٣١٣ - ١٣٧٤م) في كتابه الموسوم «نفاضة الجراب»[7] يصف هذه الساعة فقال: «وتقدَّم السلطان بثقوب فهمه، ولطف حسه،

---

(١) هو فارس بن علي بن عثمان بن يعقوب المريني، حكم من سنة ٧٤٩ هـ = ١٣٤٨م حتى وفاته سنة ٧٥٩ هـ = ١٣٥٧م.

(٢) طبع بالمطبعة الملكية بالرباط، سنة ١٣٨٧ هـ = ١٩٦٧م.

(٣) تسمية الساعة في المغرب العربي والأندلس.

(٤) هو محمد بن عبدالله اللواتي الطنجي (٧٠٣ - ٧٧٧هـ) = (١٣٠٣ - ١٣٧٥م).

(٥) كتاب «رحلة ابن بطوطة» نشر مؤسسة الرسالة، الطبعة الثالثة سنة ١٩٨١م، الجزء الأول، صفحتا ١٠٦، ١٠٧.

(٦) صاحب «الإحاطة في تاريخ غرناطة»، و «رقم الحلل في نظم الدول».

(٧) مخطوط الخزانة العامة بالرباط - رقم: ٢٥٦ ك.

وأصيل إدراكه، وصحة خياله، الى اتخاذ آلة تخبر بمضي ساعات الليل، فأنشىء ليلتئذ بإشارته مكنان غريب أجوف خشبي، في مثل القامة، صير منه شكل الاستدارة الى ذي جهات اثنتى عشرة، في أعلى كل جهة منها محراب، قد شمل الجميع الصبغ والتزين، واستقل برأس الشكل شمعة موقدة، قسم جرمها أجزاء بانقسام ساعات الليل، وأخرج من عند ذلك خيط يقسم جسدها، ويعين الساعة فيها بسبب من الكتان، يتصل برأس غلق المحراب الظاهر فيمنعه من الهوى والنزول، وفوق محدب المحراب خَرْت محكم، يفضي الى شكل سَدِّي، يعترض مجراه قائم من الحديد مثبت في رأس الغلق الذي يسد المحراب، وخلفه كرة من النحاس بندقية الشكل، يمنعها ذلك القائم المعترض المجري من الانحدار.

وخلف الغلق شكل يهدي رقعة منظومة تعرف بمضي الجزء من الليل فإذا استولت النار على الشمعة، وبلغت الى حد الساعة، احرقت السبب المتصل بها ذكر، فانحدر الغلق، وزال المانع من سقوط الكرة، فهوت واستقرت في بعض الصحون النحاسية المصوتة المغراه بالشهرة، وبرزت الرقعة، فأوصلها القيم على ذلك الى المسمِّع فأنشد بها..

أُجري التجريب بهذه الآلة على ما تقتضيه طبيعة نارها وفتيلها، والهواء المحصور في تجويفها، فصح عملها، واطرد صدقها، وخفي قصدها وخفَّ نقلها، فكانت اخرى حصياتها موقعة على نظم النداء بأذان الصبح من غير اخلاف وعد، ولا اخلال بوقت، فجاءت طرازا على حلة الصَّنيع الضخم».

مخطوطات عربية في الساعات والعمل بها

كتاب في آلات الساعات التي تسمى رخامات

لأبي الحسن ثابت بن قرة الحراني الصابي (ت: ٢٨٨ هـ = ٩٠٠م).

١ ـ مخطوط دار الكتب المصرية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ١٠٤٧ (١)، الكتاب الاول ضمن مجموع، الصفحات ١ ـ ٨٩.

٢ ـ مخطوط مكتبة كوبريلي باستانبول ـ رقم: ٩٤٨، ويقع في ٤٤ ورقة.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٧ ـ صناعات.

كتاب علم الساعات والعمل بها

لرضوان بن محمد بن علي الخراساني، أتم تأليفه سنة ٦٠٠ هـ = ١٢٠٣م.

١ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: رياضة ـ ٤٨٨، ويقع في ١١٦ لوحة مصورة عن مخطوط مكتبة كوبريلي باستانبول ـ رقم: ٩٤٩، وقد كتب بخط نسخي أنيق سنة ٦٥٨ هـ = ١٢٥٩ م بيد بيلك بن عبدالله القبجاقي بالقاهرة عن نسخة المؤلف.

٢ ـ مخطوط مكتبة كوبريلي باستانبول ـ رقم ٩٤٩، ويقع في ١١٤ صفحة.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٨ ـ صناعات.

نظم العقود في عمل الساعات على العمود

لعبد العزيز بن محمد الوفائي

ـ مخطوط مكتبة مصطفى فاضل بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ٩٣ (٤)، الرسالة الرابعة ضمن مجموع، الصفحات ٦/ب ـ ٩/ب، كتبت بخط نسخي مقروء حوالي سنة ١١٠٠ هـ = ١٦٨٨م.

الإعلام بشد المنكام

لشمس الدين محمد بن أبي الفتح الصوفي.

١ ـ مخطوط مكتبة مصطفى فاضل بدار الكتب المصرية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ٢٠٤ (١)، الرسالة الأولى ضمن مجموع، الصفحات: ١/أ ـ ٨/ب، كُتب المجموع بخط نسخي مقروء، سنة ١٠٥٢ هـ = ١٦٤٢م، بيد علي بن محمد، تمليك ابراهيم سر عسكر.

٢ ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ميقات ـ ١١٦٩ (٧)، الصفحات: ٤٨/أ ـ ٥٢/ب، كتبت سنة ١١٥٨ هـ = ١٧٤٥ م بخط مغربي، وتحمل هذه النسخة العنوان: «الاعلام في شدّ المنكام».

تابع ٢٣,٢ ـ صنعة الأواني العجيبة والفوارات

صنعة الأواني العجيبة

يقوم عمل هذه الأواني على عدة مبادىء في «مخانيقا الماء» منها مبدأ «استحالة الخلاء»، ولعل أول ظهور عملي لهذا المبدأ كان فيما عرف بالسحارة المصرية[١] او سارقة الماء[٢]، ولقد كانت هذه الحيلة معروفة تماما عند قدماء المصريين منذ الألف الثانية قبل الميلاد كما تدل على ذلك آثارهم، شكل (٦٣)، وكانت هذه الآنية تستخدم في ترويق الشراب، حيث إن مص الطرف الخارجي لأنبوب السحارة يجتذب الهواء ومن ورائه السائل الملاصق له، وبمجرد وصول الاخير الى الطرف الخارجي يتواصل سريان السائل بعد انقطاع الهواء، ويستمر ذلك حتى ينخفض سطح الماء في الحوض الى موضع طرف الانبوبة من الداخل، فعندئذ يتوقف عمل السحارة، ، وذلك بمجرد دخول الهواء في المنظومة.

هذا ويبين شكل (٦٤) مبدأ تساوي الضغط عند المستوى الواحد للسائل، وهو ما يعرف بسلوك السائل في الأواني المستطرقة، أما شكل (٦٥) فيسجل توقف السائل في الأنبوب المعقوف عند المستوى الحر

---

(١) يقصد بها المعنى الحرفي (من المصدر الثلاثي: سحر) باعتبار ان عمل هذه الآنية ضرب من السحر وأعمال السحرة (Witch Work)، تأسيسا على أن الماء يسيل من أعلى الوعاء بدلا من قاعه.

(٢) تعرف أيضا بالمثعب، وعند العرب بسارقة الماء، وفي الغرب بسيفون (Siphon).

للسائل في الاناء طالما تواجد الهواء في الانبوب المعقوف، أما إن سحب الهواء من هذا الانبوب شكل (٦٦) وكـان موضع طرفه الخارجي أدنى من السطح الحر للسائل في الحوض استمر تفرغ السائل حتى يتطابق مستوى الطرف الداخلي للأنبوب مع مستوى السائل في الحوض[٣] شكل (٦٦)، وهنا يتوقف عمل السحارة او المثعب.

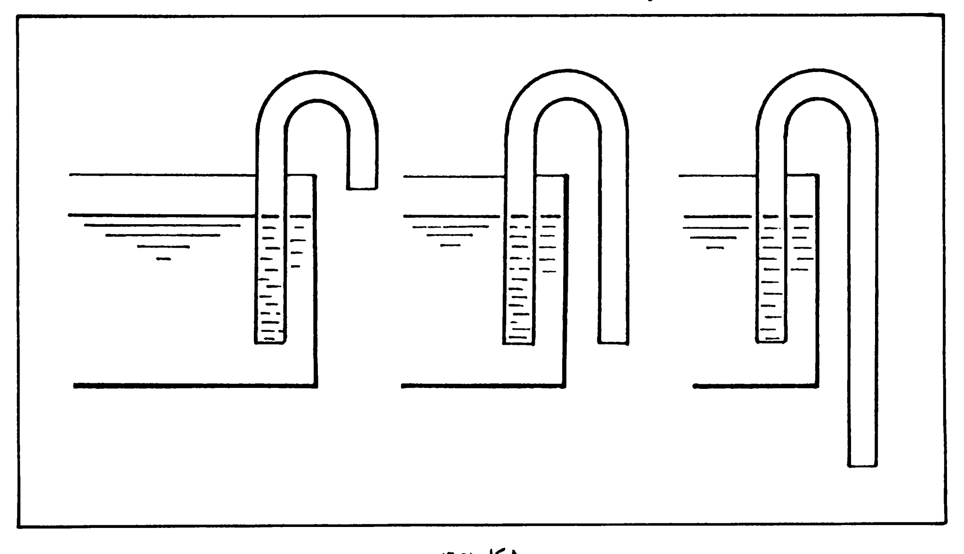


شكل (٦٣)

فكرة المثعب أو السيفون (Siphon) أو سارقة الماء في النقوش المصرية القديمة، حيث يستعمل أنبوب على هيئة U مقلوبة ذات فرعين غير متساويين لسحب السائل عبر حافة الاناء وتوصيله الى مستو أدنى، وذلك بالاعتماد على ضغط الهواء، ويرجع تاريخ النقش الى حوالي ١٤٥٠ق.م.

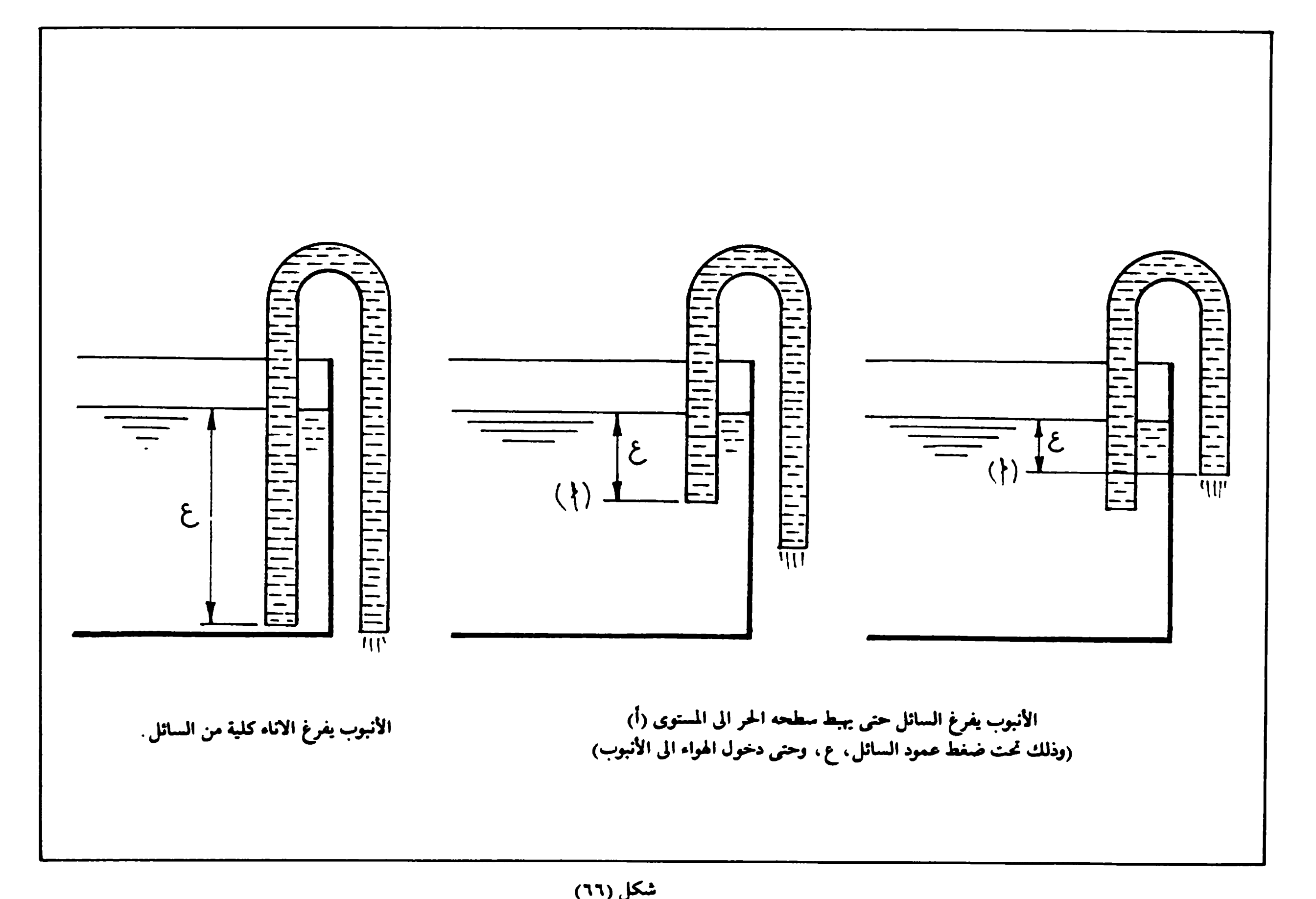
شكل (٦٤)

تساوي الضغط عند المستوى الواحد للسائل في حال السكون.



شكل (٦٥)

توقف السائل في الأنبوب المعقوف (على شكل U) عند المستوى الحر للسائل في الاناء، وذلك بسبب وجود الهواء في الأنبوب.



شكل (٦٦)

السحارة أو سارقة الماء أو المثعب أو السيفون (Simple Siphon) (موقف الأنبوب المعقوف بعد سحب الهواء منه بالمص)

الأواني العجيبة في أعمال بني موسى

الحيلـة

١ ـ عمل كأس يصب فيه مقدار من الشراب أو الماء، فإن زيد عليه زيادة بقدر مثقال من الشراب أو الماء خرج كل شيء فيه.

٢ ـ عمل إبريق له بلبلة، إذ ملي لا يمكن أن يتوضأ به أكثر من واحد.

٣ ـ عمل إبريق إذا صب فيه الماء صبا متصلا قبل كل ما يصب فيه، فإذا قطع الصب ثم أعيد إليه لم يقبله.

٤ ـ عمل جرة لها بزال مفتوح، وإذا صب فيها الماء لم يخرج من البزال شيء، فإذا قطع الصب خرج الماء من البزال، فإذا أعيد الصب انقطع أيضا، وان قطع الصب خرج الماء وهكذا لايزال.

٥ ـ عمل تماثيل من الوحش يصب لها الماء في جامات، يكون فيها فلا تشرب منه، ومعها تمثال أسد فإذا صب للأسد الماء في جامه يشرب وتشرب الوحوش كلها من الماء الذي في جاماتها، فمتى انقطع شرب الأسد لا يشرب الوحش، فإن شرب الأسد ثانية شربت الوحوش معه وهكذا لا يزال.

٦ ـ عمل تمثال ثور إذا قدمت اليه إجانة فيها ما يشربه، ويسمع له صوت وضجة حتى يظن من يراه أنه قد كان عطشانا.

٧ ـ عمل حوض نصب فيه جرة من الماء فيشرب منها عشرون دابة أو أكثر، ولا ينقص الماء من الحوض، فإن قرب إليه ثور فشرب منه يفنا كل شيء في الحوض ولو قدم أول الدواب.

٨ ـ عمل إبريق إذا صب فيه الماء صبا متصلا قبل ما يصب فيه، فمتى قطع عنه الصب ثم أعيد إليه لم يقبل ما فيه صب.

٩ ـ عمل إبريق يصب فيه الانسان ثم يقطع الصب، ويعيد الصب ثانية فيقبل أيضا، فاذا صب مرة ثالثة لم يقبل.

١٠ ـ صنعة أخرى ثالثة للابريق الذي لا يقبل أيضا من طريق آخر ثالث.

١١ ـ عمل إبريق آخر على مثال الابريق الذي عمل أولا بالهواء، وهو الذي اذا قطع عنه الصب لم يقبل شيئا فنريد أن نصيره اذا أعيد اليه الصب ثانية قبل أيضا فإن أعيد ثالثة لم يقبل.

١٢ ـ عمل إبريق يأخذه الغلام فيوضيء به من أحب، ويمنع منه من شاء فلا ينصب منه على يديه شيء من الماء.

١٣ ـ عمل ابريق يصب فيه ماء حار وماء بارد من ثقب واحد في رأسه ولا يختلطان، فإذا أخذه الغلام ليوضي به فإن شاء أن يصب على إنسان ماء باردا صب، وإن شاء أن يصب حارا صب، وإن شاء ممزوجا فعل ذلك، ويحسب القوم أجمعين أنهم توضوا بماء واحد.

١٤ - عمل كوز أو إبريق إن شاء الانسان أن يصب فيه أوقية شراب أو أوقيتين، فيظهر لمن يراه أنه قد امتلأ فيشربه من شاء ويسقيه من شاء.

١٥ - عمل كوز ابريق على غير هذا العمل يفعل مثل فعل الأول والمنفعة فيهما واحدة.

١٦ - عمل جرة لها بزالان، إذا صب فيها الشراب يجري من أحد البزالين، فإذا قطع الصب ينقطع الشراب من ذلك البزال، ويجري من البزال الآخر، وإن أعيد الصب عاد الى البزال الأول وهكذا لا يزال.

١٧ - عمل مليار له بزال واحد نصب فيه الماء وتوضع فيه النار، ونفتح بزاله فلا يسيل منه شيء، فمتى أراد الانسان أن يأخذ من الماء الذي فيه، صب فيه من رأسه ماءا باردا فيخرج له من البزال ماء حار، فإذا قطع الصب انقطع سيلان الماء.

١٨ - عمل مليار آخر له بزال غير مغلق يصب فيه الماء أولا قبل أن يوضع على النار فلا يسيل من البزال شيء والبزال مفتوح، فإذا سخن الماء وأراد الانسان أن يأخذ منه الماء الحار صب من رأسه من موضع الصب ماء باردا فخرج ماء حار.

١٩ - عمل جرة لها بثيون مغلق تصب فيها ألوان من الرطوبات بمقدار من المقادير لكل واحد منها، فإذا شئت أخرجت من الفثيون أي لون أردت.

٢٠ - عمل جرة لها فثيون نصب فيها ألوانا كثيرة من الرطوبات من موضع واحد لونا بعد لون بغير مقدار، فمتى شئنا أخرجنا من الفثيون أي لون شئنا.

٢١ - عمل جرة لها فثيون يصب فيها الماء، فإذا فتح الفثيون يجري منه رطل من ماء ثم ينقطع فلا يسيل من البزال شيء، وإن أغلق البثيون ثانية ثم فتح أيضا يجري منه رطل أيضا ثم ينقطع، وكذلك لايزال.

٢٢ - عمل جرة يصلح أن تعمل في الحمامات والمتوضيات وما أشبه ذلك.

٢٣ - عمل قدح يسع رطلا أو رطلين أو أي مقدار شئنا، إذا أخذه الحاذق بعمله فصب فيه أوقية أو أوقيتين من شراب يمتلي ويظهر لجميع من يراه انه ملأ فيشربه، فإذا أخذه الجاهل بعمله لم يمتلي الا بمثل مقدار مساحته من الشراب.

٢٤ - عمل جرة لها بزال إذا صب فيها أي لون كان من أنواع الرطوبات ثم فتح البزال فلا يجري من البزال شيء، فإذا صب فيها الشراب ثم فتح البزال يجري منه الشراب.

٢٥ - عمل قدح اذا شاء الحاذق بعمله أن يصب فيه الشراب فيمتلي من مقدار يسير ويظهر للناس ذلك ويشربه ومن يراه من الناس يظن أنه قد شرب ملاه، فإذا أخذه باقي من في المجلس وشربوا به يشربون ملاه بالحقيقة (الخ . .).

٢٦ ـ عمل كوز له بزال اذا صب فيه الماء أو الشراب فربما يجري من البزال اذا أراد الذي يصب في الكوز ذلك، فإن أراد أن لا يجري من البزال لم يجر منه شيء (الخ . .).

٢٧ ـ عمل كوز له بزالان، إذا صب فيه الماء أو الشراب فربما يجري من أحد البزالين وربما يجري من الآخر، وربما لا يجري من أحد منهما شيء بتة (الخ . .).

٢٨ ـ عمل سحارة اذا غمست في الماء الواسع يسمع منها صفير وإذا رفعت منه ليعمل بها يسمع منها أيضا صفير.

٢٩ ـ عمل سحارة إن أخذها الحاذق بعملها وغمسها في الماء وأحب أن يكون إذا رفعها عن الماء تعمل مثل عمل السحارات، ويجري من ثقبها الماء فعل ذلك، وان أحب أن يكون إذا رفعها عن الماء لا يجري منها شيء فعل ذلك.

٣٠ ـ عمل قنينة نصب فيها الشراب فإن أراد الحاذق بعملها أن يبين لجميع جلسائه أنها قد امتلت من أوقية أو نحو ذلك فعل، وإن أحب أن يصب فيها شيء كثير ويسقيه لانسان آخر فعل.

٣١ ـ عمل قنينة لها رأسان نصب فيها من أحد الرأسين الشراب ومن الآخر ماء، فإذا أقلبت خرج من الرأس الذي صب فيه الماء شراب، ومن الرأس الذي صب فيه الشراب ماء.

٣٢ ـ عمل جرة لها بزال يصب فيها الماء بأي مقدار كان، فإذا فتح البزال يجري فيه مقدار من المقادير ثم ينقطع ساعة على قدر ما نريد أن نقدر من مقدار خروج الماء ومن مقدار مدة الزمان الذي ينقطع فيه الى أن يبتديء ثانية يخرج، ولايزال كذلك ينقطع مرة ويجري أخرى دائما حتى ينفد كل شيء في الجرة.

٣٣ ـ عمل قنينة لها رأس واحد يصب فيها الشراب والماء من رأسها فلا يختلطان، فإذا شاء الحاذق بعملها أن يقلبها فيخرج من رأسها شراب فعل ذلك، وإن شاء أن يقلبها فيخرج ماء فعل ذلك، وإن شاء أن يقلبها فيخرج ممزوج ذلك فعل.

٣٤ ـ عمل قنينة نصب فيها الشراب فإذا أقلبت يخرج منها مقدار من المقادير معلوم، ثم ينقطع خروج الشراب، فإذا وضعت ثم أقلبت ثانية يخرج ذلك المقدار بعينه، ثم ينقطع أيضا، فإن وضعت ثم أقلبت ثالثة يخرج ذلك المقدار وكذلك لايزال حتى ينفد كل شيء فيها من الشراب.

٣٥ ـ عمل قنينة نصب فيها الشراب فإذا أقلبت لا يخرج منها شيء، فإذا وضعت ثم أقلبت ثانية يخرج منها الشراب، فإذا وضعت ثم أقلبت لا يخرج منها شيء، فإن وضعت ثم أقلبت أيضا رابعة يخرج منها الشراب.

٣٦ ـ عمل قنينة نصب فيها الشراب فإذا أخذها الساقي الحاذق بعملها ليسقي بها القوم فإن أحب أن يقلب القنينة أبدا فيخرج منها في كل مرة مقدار واحد معلوم، فإذا تم انقطع سيلان القنينة من نفسه.

٣٧ ـ عمل قنينة نصب من رأسها الشراب والماء من موضع واحد، فإذا أقلبت يخرج منها مقدار من المقادير شراب وينقطع من نفسه، فإذا أعيدت ووضعت على الأرض ثم حملت وأقلبت ثانية انصب منها في القدح ماء بمثل ذلك المقدار وينقطع، فإذا وضعت أيضا ثم حملت وأقلبت خرج شراب بمثل ذلك المقدار، وكذلك لايزال فعلها حتى ينفد الشراب والماء الذي فيها.

٣٨ ـ عمل جرة لها بثيونان نصب فيها الماء ونفتح البزالين فيكون أحد البزالين الذي يفتح أولا هو الذي يسيل منه الماء أي البزالين كان، والبزال الذي ينفتح آخر شيء لا يسيل منه شيء أي بزال كان.

٣٩ ـ عمل جرة لها بزال مغلق نصب فيها الشراب فيجري من البزال اذا فتح، فإذا صب الماء من رأس الجرة انقطع الشراب من البزال وجرى فيه الماء، فإذا قطع صب الماء عاد الشراب يجري من البزال وكذلك لايزال فعله.

٤٠ ـ عمل جرة تعمل مثل عمل التي قبلها ولكن بطريقة أخرى.

٤١ عمل جرة لها بزال مفتوح نصب فيها الشراب فما دام الصب متصلا والبزال لا يخرج منه شيء حتى اذا قطع الصب ابتدأ البزال يخرج منه الشراب، فلايزال يخرج حتى يصب الماء، فإذا صب الماء ينقطع الشراب من البزال ويجري فيه الماء، فإن قطع صب الماء عاد الشراب يجري وكذلك لايزال.

٤٢ ـ عمل جرة لها ثلاثة بزل مفتوحة يصب فيها الشراب كما صب في التي قبلها ولا يسيل من البزل شيء مادام الصب متصلا، فإذا قطعت الصب ابتدأ البزال الأوسط يسيل منه الشراب فلايزال كذلك حتى يصب في الجرة ماء، فإذا صب الماء انقطع الشراب من البزال الأوسط وجرى فيه الماء، وجرى الشراب في البزالين الآخرين، فإن قطع صب الماء عاد الشراب الى البزال الأوسط وانقطع منه الماء وكذلك لايزال الفعل.

٤٣ ـ عمل جرة تصب فيها ألوان من الرطوبات لون بعد لون من ثقب واحد من رأس الجرة فلا تختلط، وللجرة بثيون، فإذا فتح ذلك البثيون خرج اللون الذي صببته أولا ثم يتبعه الثاني إذا فني، فإذا فني الثاني يتبعه الثالث، وكذلك لايزال حتى ينفد جميع الألوان.

٤٤ ـ عمل جرة تعمل مثل سابقتها غير أن بزالها مفتوح، ونجعلها أيضا لثلاثة ألوان، فاذا صب الانسان اللون الثالث ثم قطع الصب يبتديء اللون الذي صبه أولا يجري من البزال، فإذا فني تبعه الثاني، فإذا فني الثاني تبعه الثالث حتى تنفد جميع الألوان.

٤٥ ـ عمل جرة تصب فيها ألوان من موضع واحد، لها بثيون، فإن كان مغلقا فإذا فتح خرجت الألوان، يخرج اللون الأول ثم يتبعه الثاني اذا مضت سويعة، فإذا فني الثاني ومضت سويعة يخرج الثالث

وكذلك لايزال. وإن كان البزال مفتوحا فإنه اذا صب اللون الأخير ثم قطع تبتديء الألوان فتخرج كما ذكرنا وعلى الترتيب الذي وصفنا.

٤٦ ـ عمل إناء أو جرة تصب فيها ألوان من الرطوبات من موضع واحد، ولها بزال، فإذا فتح تجري الألوان على الولي يتلو بعضها بعضا.

٤٧ ـ عمل جرة لها بزال واحد، إن صب فيها الشراب يخرج من البزال، وإن صب فيها الماء أو غيره من الرطوبات لم يخرج من البزال شيء، وهذه الحيلة عجيبة وفيها مواربة وغلوطة.

٤٨ ـ عمل جرة لها بزالان، متى صببنا من رأس الجرة شرابا خرج من أحد البزالين أبدا، ومتى صببنا الماء يخرج من البزال الآخر أبدا.

٤٩ ـ عمل جرة لها بزال يصب فيها شراب وماء من موضع واحد، فإذا فتح البزال خرج منها الشراب أو الماء بمقدار من المقادير، فإن كان الشراب هو الذي خرج تبعه الماء، ويخرج بمثل ذلك المقدار، فإذا تم المقدار تبع الماء شراب أيضا بمثل ذلك المقدار، ثم يتبع الشراب أيضا ماء بذلك المقدار، وكذلك لايزال حتى ينفد كل شيء في الجرة.

٥٠ ـ عمل جرة تعمل مثل عمل التي قبلها ويكون بزالها مفتوحا.

٥١ ـ عمل كوز له بزال إن شاء الانسان أن يصب من رأسه شراب فيخرج من البزال فعل ذلك، وإن شاء أن يصب الشراب فلا يجري من البزال شيء فعل ذلك، والصب من موضع واحد.

٥٢ ـ عمل كوز له بزال يصب فيه شراب ثم إن شاء الحاذق بعمله أن يصب فيه الماء فيجري من البزال شراب فعل ذلك، وإن شاء أن يصب الماء فلا يخرج من البزال شيء فعل ذلك.

٥٣ ـ عمل كوز له بزال اذا أخذه الحاذق بعمله فصب منه ماء أو غيره من الرطوبات لم يجر من البزال شيء، فإن صب فيه شراب خرج من البزال.

٥٤ ـ عمل جرة لها بزال مفتوح يصب فيها الشراب بمكيال معلوم فلا يخرج من البزال شيء، فإذا صب الماء يجري من البزال شراب بمقدار ما صب من الماء.

٥٥ ـ عمل جرة شبيهة بسابقتها غير أن الحاذق بعملها إن شاء اذا صب الماء من بعد صب الشراب كما وصفنا بالمكيال، أن يجري من البزال شراب صرف فعل ذلك، وإن شاء أن يكون إذا صب الماء يجري شراب ممزوج فعل ذلك، فيسقي صرفا لمن شاء، ويسقي ممزوجا لمن شاء.

٥٦ ـ عمل جرة نصب فيها الشراب والماء، ولها بزالان مفتوحان، فإذا فرغ من الصب يسيل من أحد البزالين شراب ومن الآخر ماء، فإذا سال من كل واحد منهما مقدار من المقادير يتبدل فيخرج من بزال الشراب ماء ومن بزال الماء الشراب، فإذا سال من كل واحد مثل ذلك المقدار وشبيه به، يتبدل أيضا، وكذلك لايزال يتبدل.

٥٧ - عمل جرة لها بزالان اذا صب فيها الماء ثم قطع الصب يبتديء الماء فيخرج من أحد البزالين، فإذا سد البزال الذي جرى منه الماء يبتديء الماء فيجري من البزال الآخر، وإن نحا الانسان يده عن البزال المسدود لا يجري منه شيء ولايزال كذلك.

٥٨ - عمل جرة نصب فيها الشراب والماء من موضع واحد ولها بزالان، فإذا قطع الصب يبتديء أحد اللونين فيجري من أحد البزالين، فإذا سد ذلك البزال ينقطع عنه ذلك اللون ويجري اللون الآخر من البزال الآخر، ولا يجري من الذي كان سد شيء (الخ..).

٥٩ - عمل جرة تفعل مثل فعل التي قبلها غير أنا نصير ما يصب فيها من الماء والشراب بمقدار، ولو شئنا أن نصيره بغير مقدار فعلنا ذلك، غير أنا نصيره بمقدار في هذه الجرة.

٦٠ - عمل جرة لها ثقب غير مغلق يصب فيها الشراب ثم يقطع الصب، فإذا أحب الحاذق بعملها أن يصب فيها الماء فيخرج شراب فعل ذلك، وإن أحب أن يكون إذا صب الماء يخرج ماء وحده من البزال فعل ذلك.

٦١ - عمل جرة لها بزال يصب فيها الشراب فإذا صب فيها الماء صبا دائما يبتديء الشراب يخرج ثم يتبعه الماء ثم يتبع الماء الشراب أيضا، وكذلك لايزال مادام الصب متصلا.

٦٢ - عمل جرة لها بزال مفتوح يصب فيها الشراب، فإذا قطع الصب وصب فيها ماء يبتديء الشراب يجري من البزال مادام صب الماء متصلا، فإذا قطع صب الماء انقطع البزال فلا يخرج منه شراب، وكذلك إن صب فيها شراب ينصب من البزال مادمت تصب الشراب، فاذا قطعت صب الشراب انقطع سيلان الماء من البزال، وكذلك لايزال اذا صببت شرابا يخرج ماء واذا صببت ماء خرج شراب.

٦٣ - عمل جرة لها بزال يصب فيها لون من الألوان، فإذا صب لون ثاني يخرج الأول مادام الصب متصلا، فإذا قطع الصب انقطع خروج الأول وكذلك اذا صب لون ثالث يخرج الثاني، وإذا صببت رابعا يخرج الثالث وكذلك لايزال.

٦٤ - عمل جرة لها بزالان ان صب فيها الشراب والماء بعد أن يمزج أحدهما بالآخر يخرج من أحد البزالين شراب ومن الآخر ماء، ويتوهم كل من يرى ذلك أنه قد انفصل الشراب من الماء.

٦٥ - عمل جرة تفعل هذا الفعل وتكون صغيرة ويمكن الانسان أن يقلبها ويحركها فلا يخرج منها الماء والشراب ولا يسمع لها صوت أيضا، ولا يحس أحد أن فيها شيء وهذه أعجب من التي قبلها.

٦٦ - عمل جرة لها بزالان مغلقان يصب فيها الشراب والماء من رأسها واحدا بعد الآخر فاذا فتح البزالان يجري من أحدهما شراب ومن الآخر ماء، فإذا سد الانسان أحد البزالين بإصبعه انقطع اللون الآخر من البزال الآخر، وجرى فيه اللون الذي سد بزاله، فإن نحي يده عن البزال المسدود عاد الأمر - كما كان يجري أو لا - يجري، وإن أعيد سد أحد البزالين أيضا عاد الفعل وكذلك لايزال الفعل.

٦٧ ـ عمل جرة مثل سابقتها بصنعة أخرى.

٦٨ ـ عمل جرة تصنع مثل هذا الفعل الذي وصفنا غير أنه ينبغي ان يصب في هذه الجرة من الشراب والماء بمقدار واحد أي مقدار كان.

٦٩ ـ عمل جرة لها بزالان مغلقان تفعل مثل فعل الجرتين اللتين قبلها، ويخرج الشراب والماء بمقدار واحد، ثم يتبدل فيخرج من بزال الشراب ماء ومن بزال الماء شراب بذلك المقدار، وكذلك لايزال.

٧٠ ـ عمل جرة لها بزال وفي عروتها ثقب صغير خفي، نصب فيها الماء والشراب، فإذا قطع صب اللون الذي يصب أخيرا ابتدأ يخرج من البزال اللون الذي يصب أخيرا فمتى سد الانسان الثقب الذي في عروة الجرة ينقطع ذلك اللون من البزال ويجري منه اللون الآخر، فإذا فتح الثقب عاد اللون الذي كان يجري أولا فيخرج من البزال وكذلك لايزال الأمر.

٧١ ـ عمل جرة لها بزالان مغلقان وفي عروتها ثقبان صغيران خفيان، إذا صب فيها الماء والشراب ثم فتح البزالان فإنه يجري منهما الشراب ممزوجا بالماء، فإن سد أحد الثقبين وفتح الآخر يخرج من أحد البزالين شراب ومن الآخر ماء، فإن فتح الثقب الذي سد وسد الثقب الذي فتح ابتدلا فجرى في البزال الذي كان يجري منه الشراب ماء، ومن الذي كان يجري منه الماء شراب، وإن سدوهما جميعا لم يسل من البزالين شيء البتة.

٧٢ ـ عمل جرة يصب فيها الشراب والماء، ولها بزالان مفتوحان، فإذا قطع الصب يسيل من أحد البزالين شراب ومن الآخر ماء (الخ..).

٧٣ ـ عمل جرة لها بزال مغلق وفي عروتها ثقب خفي، فإذا صب فيها الشراب والماء وفتح البزال يبتدىء الشراب فيجري من البزال، فإذا سد الانسان الثقب الذي في العروة من غير أن يعلم به أحد من الناس ممن يحضرونه ينقطع الشراب منه ويجري فيه الماء، فإذا فتح الثقب عاد الشراب أيضا يجري وكذلك لايزال (الخ..).

٧٤ ـ عمل جرة لها بزالان إذا صب فيها الماء يجري من أحد البزالين، فإن صب فيها دهن من الأدهان يجري من البزال الآخر.

٧٥ ـ عمل إجانة في بعض المواضع بالقرب من بعض الأنهار تكون دهرها كله مملوءة ويغرف منها جميع الناس الماء، ويشرب منها الدواب، وهي أبدا على حال واحدة لا تزيد ولا تنقص.

٧٦ ـ عمل جام مركب على قاعدة يصب في القاعدة الشراب، فإذا قطع الصب يبتديء الشراب فيجري الى الجام حتى يمتليء الجام، فإذا أخذ من الجام شيء من الشراب يرجع إليه مثله ويبقى على حال واحدة لا ينقص البتة.

٧٧ ـ عمل جام أو إجانة فارغة مركبة على قاعدة، نصب فيها رطلين أو ثلاثة شراب، ويؤخذ منها أضعاف ذلك وهي لا تنقص، فإن كان الذي يأخذ منها ويغرف حاذق عارف عالم بها فإنها تنقص ويفنا كل شيء فيها سريعا، فإن لم يكن حاذقا بعملها فإنه يشرب منها أضعافا كثيرة لما صب فيها وهي لا تنقص (الخ . .).

٧٨ ـ عمل جام أو إجانة أو بعض الأواني يركب في متوضأ أو حمام أو رواق أو حيث أحب الانسان لايزال دهره فيه الماء، وكلما أخذ منه شيء عاد إليه مثل ذلك، ويكون فوقه تمثال هو الذي يصب الى الاناء مكان ما يغرف منه.

٧٩ ـ عمل جام أو بعض الأواني مركبة على قاعدة أو في رواق أو حيث أحب الانسان وتكون فارغة وفوقها تمثال، فإذا صب فيها شراب حتى يمتلىء أو يقارب ذلك وغرف منها شيء أو أخذ من الشراب شيء، فإن التمثال يصب اليها مثل ما غرف منها (الخ . .).

٨٠ ـ عمل جام أو إجانة أو بعض الأواني مركب في رواق أو على قاعدة وفوقها تمثال ولتكن فارغة، فإذا صب فيها الشراب يصب التمثال الشراب وماء حتى يمتلي أو يقارب ذلك، فإذا غرف منها شيء من الشراب الذي صب فيها يصب التمثال من فمه مثل المقدار الذي غرف منه شرابا ممزوجا بماء (الخ . .).

٨١ ـ عمل جامين مركبين على قاعدة يصب في كل واحد منهما بمقدار واحد شرابا، ويجلس بعض أهل المجلس فيشربون من إحدى الجامين وبعضهم يشربون من الجام الآخر (الخ . .).

٨٢ ـ عمل جامين مركبين على قاعدة أو في رواق إذا صب في كل واحد منهما خمسة أرطال شرابا يصير الجام الذي صب فيه أولا الشراب اذا شرب منها واغترف منها مقدار ما صب فيها ينفد كل شيء فيها، ويصير الجام التي صب فيها بآخره إذا أخذ منها لا ينقص أبدا وان أخذ منها أضعاف ما صب فيها.

٨٣ ـ عمل جام أو اجانة على قاعدة أو في بعض المواضع مثل الحمامات أو المتوضيات أو في مدينة أو حيث أحب الانسان تكون مملوءة شرابا أو ماء وفوقها تمثال، فإذا شرب منها حتى ينفد كل شيء فيها، يبتدي التمثال فيصب في الاناء ماء (الخ . .).

٨٤ ـ عمل جام بصنعة أخرى تفعل مثل هذا الفعل التي قدمنا ذكرها.

٨٥ ـ عمل جامين على قاعدة أو في رواق فارغتين، وعلى كل واحد منهما تمثال، إذا صب في أحديهما أيهما كانت شراب يصب التمثال في تلك الجام شرابا، ويصب التمثال الآخر في الجام الأخرى ماء، وإن صب في الجام ماء يصب التمثال الآخر في الجام الأخرى شرابا، ويصب تمثال هذه الجام فيها ماء.

٨٦ ـ عمل إجانة أو جامة فوقها تمثال فمتى صب في الجام شراب يبتديء التمثال فيصب الشراب، فإذا انقطع الانسان عن الصب، امتنع التمثال عن الصب، فإن عاد الانسان الى الصب يبتديء الصّنم

الحيلــة

فيصب، وكذلك لايزال.

٨٧ - عمل إجانة أو جامة بصنعة أخرى تفعل مثل هذا الفعل.

من ملحق كتاب الحيل

الحيلــة

٢ وعاء لخروج الماء الحار والبارد في الحمام، مزود ببزالين، أعني بزالي البارد والحار، حتى يكون جميع دهره يسيل من أحد البزالين حار، ومن الآخر بارد، فإذا مضى مقدار من الزمان ابتدل، فيخرج من بزال البارد حار ومن بزال الحار بارد، فإذا مضى ذلك المقدار من الزمان ابتدل أيضا فعاد الى ما كان أولا، وكذلك لايزال جميع دهره.

٣ عمل تمثال منصوب في حائط بين يديه أو في بعض المواضع جام مملوء ماء، فإذا أردت أن يصب التمثال ماء باردا صببت في الجام ماء حارا أو غيره من الأشربة، فيصب التمثال بمقدار ما يصب في الجام.

الأباريق والطساس في أعمال الجزري

هذا هو النوع الثالث مما تناوله الجزري في كتابه من حيل هندسية، وبيانه كما يأتي:

أولا: الأباريق

١ - إبريق يصب منه ماء حار، وماء بارد، وماء ممزوج.

٢ - إبريق يضعه الخادم الى جانب طست بين يدي الملك.

٣ - غلام يصب على يدي الملك ماء ليتوضأ.

٤ - طاوس يصب من منقاره ما يتوضأ به المخدوم.

ثانيا: الطساس

أ - طساس الفصاد

٥ - طَسْت الراهب، يعلم منه كمية الدم النازل فيه.

٦ - طست الكاتبين للفصاد، يعلم منه كمية الدم الحاصل فيه، شكل (٦٧).

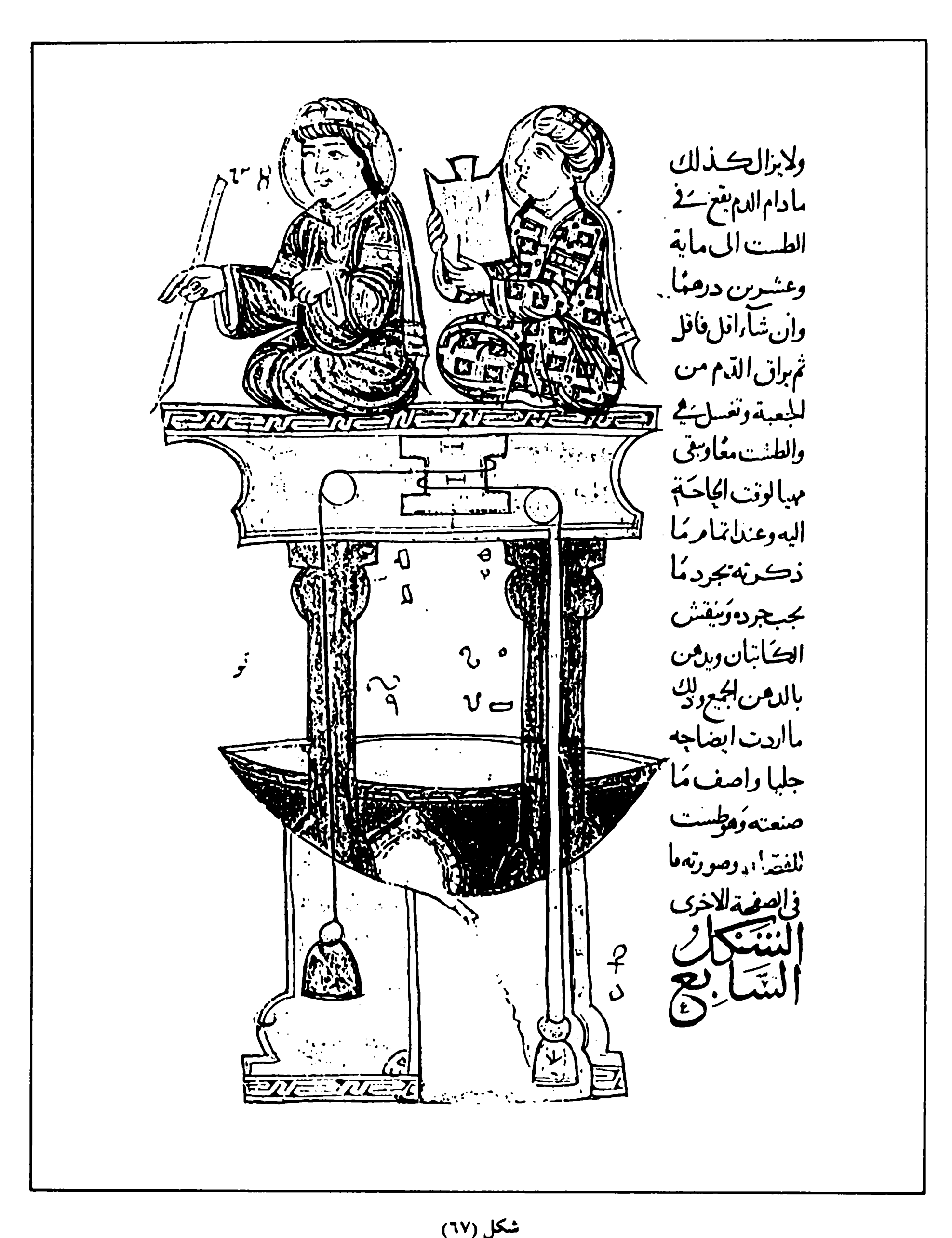
٧ - طست الحاسب للفصاد، ويعلم منه كمية الدم الحاصل فيه.

٨ - طست القصر، يعرف منه كمية الدم الحاصل فيه.

ب - طساس للغسيل

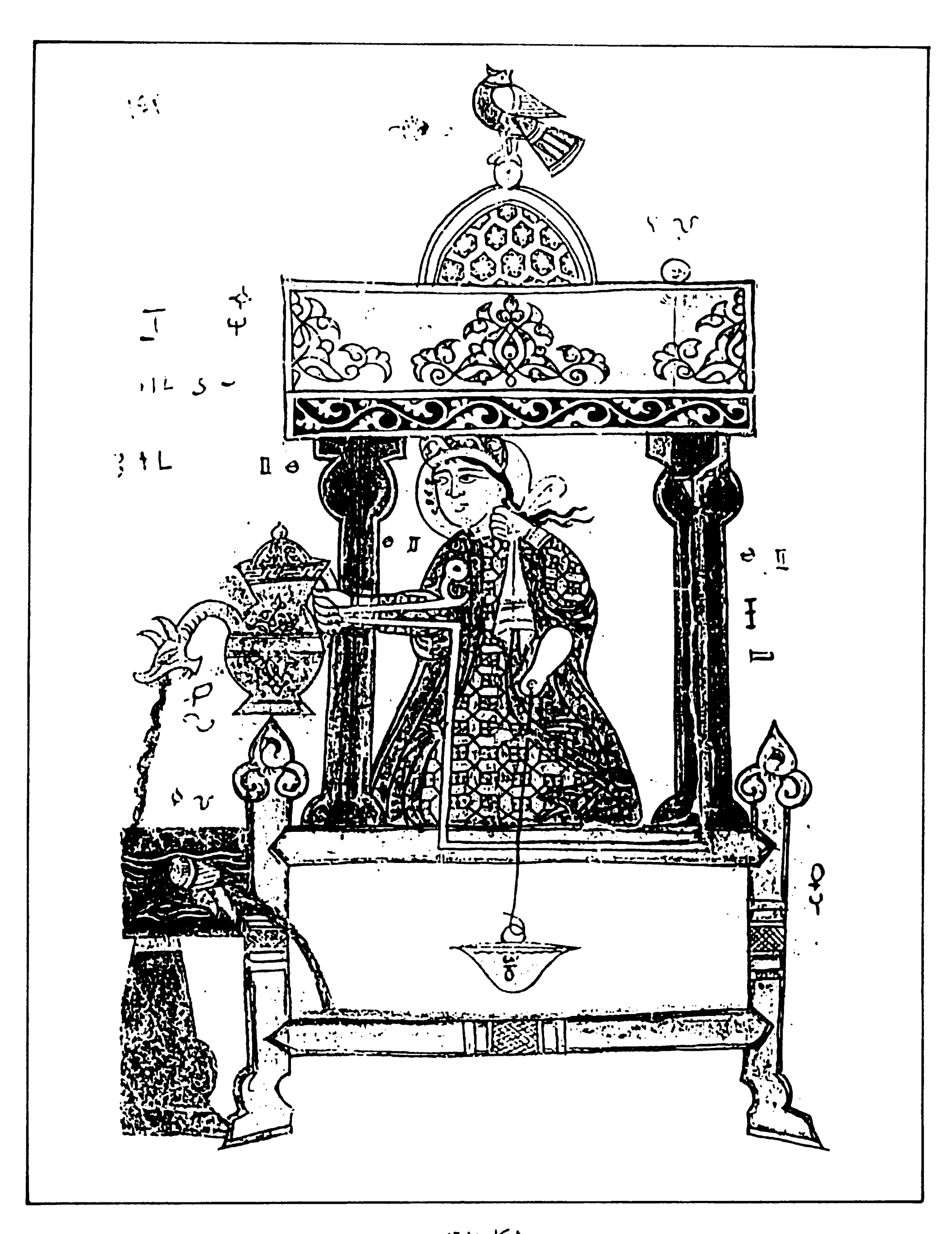
٩ - طست الطاووس لغسل اليدين.

١٠ - طست الغلام، شكل (٦٨).



شكل (٦٧)

حوض الكاتبين ـ من أعمال الجزري ـ ومن نسخ فاروق بن عبداللطيف الياقوتي المولوي في رمضان سنة ٧١٥هـ = ديسمبر ١٣١٥م بسوريا (عن مخطوط قاعة فرير للفن بواشنطن).



شكل (٦٨)

حوض الخادم ـ من أعمال الجزري ـ ومن نسخ فاروق بن عبداللطيف الياقوتي المولوي في رمضان سنة ٧١٥هـ = ديسمبر ١٣١٥م بسوريا.
(عن مخطوط قاعة فرير للفن بواشنطن).

أواني مجالس الشراب في أعمال الجزري

هذا هو النوع الثاني من جملة الحيل الهندسية عند الجزري، ويشتمل على عشرة أشكال بيانها كما يلي:

١ - كأس يحكم في مجالس الشراب، متخذ من فضة وشبه.

٢ - كأس يحكم في مجالس الشراب، وهو ذو قبة كبيرة ترتفع من حافته.

٣ - حكم في مجالس الشراب، مشتمل على سرير وأساطين وجواري ورقاص وآلة زمر وغيرها.

٤ - زورق يوضع في بركة في مجالس الشراب.

٥ - باطية توضع في طرف مجلس الشراب، يصب فيها ألوان من الشراب والماء.

٦ - رجل نديم يشرب سؤر الملك، وهو ما يبقى في أسفل القدح من الشراب.

٧ - غلام قائم في يده سمكة وقدح يسقي منه الملك.

٨ - رجل في يده قدح وقرابة، يصب من القرابة الى القدح شرابا يشربه.

٩ - سرير عليه شيخان في يدي كل واحد منهما قدح وقنينة، يصب في قدح صاحبه من قنينة شرابا فيشربه، شكل (٦٩).

١٠ - جارية تخرج من خزانة كل زمان، وفي يدها قدح فيه شراب.

صنعة الفوارات[١]

لعل فيلون البيزنطي هو أول من أورد في كتابه «الحيل الروحانية ومخانيقا الماء»[٢] نموذجين للفوارات هما الحيلتان: أص (٦)، أص (٧).

هذا وقد أتى بنو موسى بن شاكر في: «كتاب الحيل» بثماني فوارات، كما جاء في كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل» لابن الرزاز الجزري ست فوارات، وفي كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية» لابن معروف أربع فوارات نشير اليها جميعا بإيجاز فيما يأتي:

فوارات الماء في أعمال بني موسى

الحيلة

٨٨ - عمل فوارة يفور الماء منها كهيئة السوسنة وإن أحببنا جعلنا الماء يفور منها كهيئة الترس.

٨٩ - عمل فوارة مركبة في بعض المواضع يفور منها الماء مدة من الزمان كهيئة الترس ثم ينقطع ذلك ويفور مثل تلك المدة من الزمان كهيئة القناة، ثم يعود أيضا فيفور منها الماء على مثال شكل الترس، وكذلك لاتزال دهرها تتبدل.

---

(١) تعرف أيضا «بالنافورات» (Fountains)

(٢) راجع كتابنا: «أصول الحيل الهندسية في الترجمات العربية».

٩٠ ـ عمل فوارة يفور منها الماء مرة على مثال شكل السوسنة ومرة مثل القناة ويكون عملها بالريح مادامت تهب وتعمل أيضا بجرية الماء وتبدل.

٩١ ـ عمل فوارتين مركبتين في رواق أو في بعض المواضع بالقرب من بعض الأنهار لايزال احدى الفوارتين يفور منها الماء كهيئة الترس وتفور الأخرى كهيئة القناة. فاذا مضت ساعة ابتدلتا فخرج من فوارة الترس مثل القناة، وخرج من الذي كان يخرج مثل القناة مثل الترس. فاذا مضت ساعة أخرى عاد الأمر كما كان أولا وكذلك لايزالان يتبادلان طوال الدهر.

٩٢ ـ عمل فوارة تبدل وتعمل مثل عمل الفوارة الذي قدمنا وصنعتها بعمل آخر، والفرق بينهما ان الحيلة التي يكون بها التبدل في هذه الفوارة التي نحن واصفوها في داخلها وكانت في تلك خارجة منها.

٩٣ ـ عمل فوارة تخرج ساعة قضيبا وساعة ترسا وحولها فوارتين * صغيرتين* أو كم شئنا وتكون الفوارة الكبيرة إذا فارت ترسا فارت الفوارتين* اللتين* حولها قضيبا واذا فارت الفوارة الكبيرة قضيبا فارت الفوارتين* التي* حولها أترسة وكذلك لايزال.

٩٤ ـ عمل فوارتين يفور من أحدهما شبه القناة ومن الآخر شبه السوسنة مدة من الزمان، ثم يتبادلان فيخرج من التي كانت تفور قناة سوسنة ومن التي كانت تفور سوسنة قناة مقدار ذلك من الزمان، ثم يتبادلان أيضا مقدار ذلك من الزمان ولا يزال على هذا مادام الماء ملصقا فيها.

من ملحق كتاب الحيل

حيلة رقم

١ عمل فوارة تصعد الماء فوق طاق في بربخ أسرب ويحتال حتى يرتفع فوق سطحه بأي مقدار أردنا ولا يجوز أن يرتفع الماء إلا أن يكون متحركا بسطح الماء ي ه، ونريد أن نرفعه الى سطح مط.

الفوارات في أعمال الجزري

ترد الفوارات التي تتبدل في أزمنة معلومة في النوع الرابع من أعمال الجزري، ويبلغ عددها ست فوارات نبينها فيما يأتي:

١ ـ فوارة الكفتين، تتبدل في كل زمان معلوم.

٢ ـ فوارتا الكفتين، وأنبوب بأربعة مخارج.

٣ ـ فوارة العوامتين تتبدل.

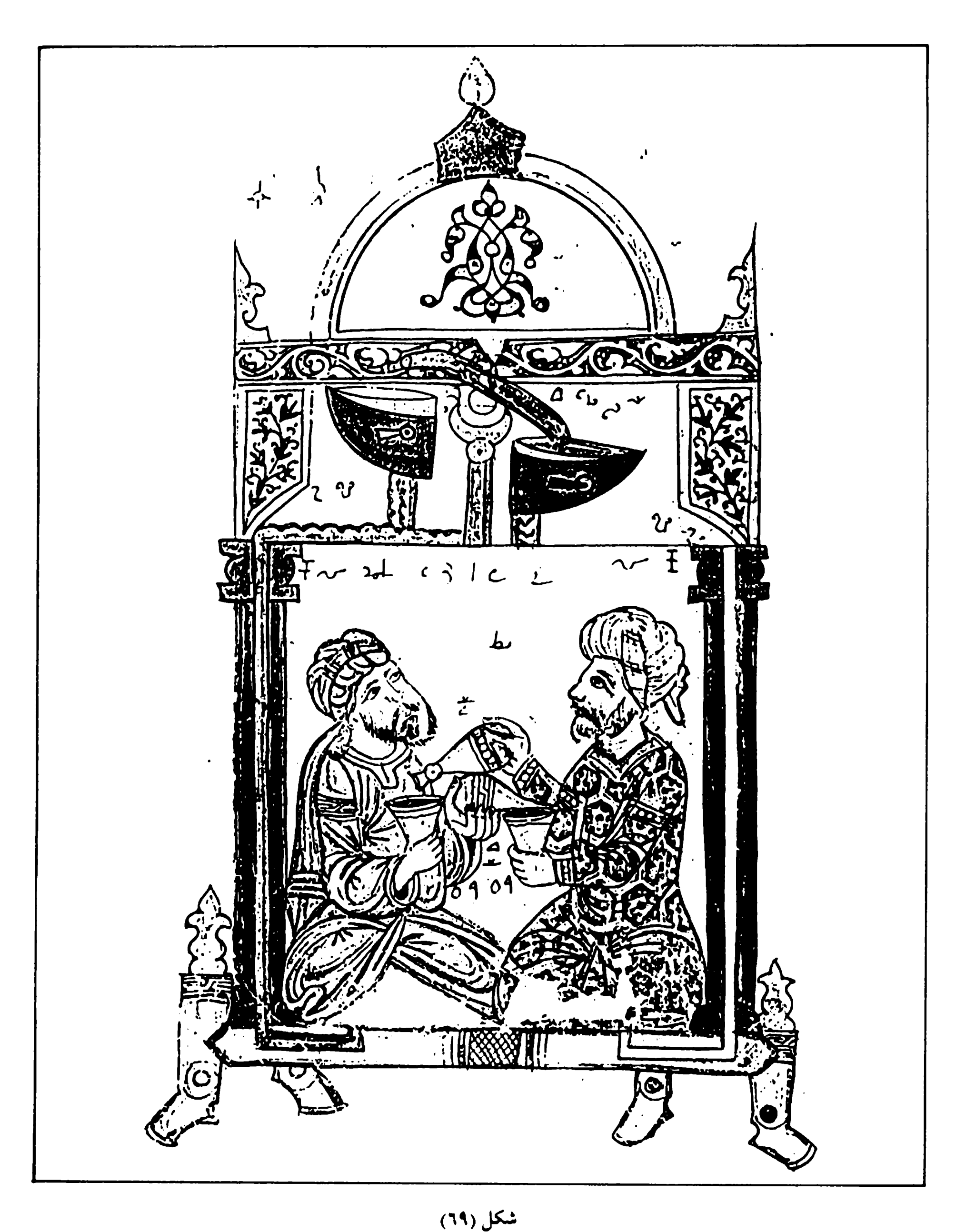
٤ ـ فوارتا العوامتين.

٥ ـ فوارة الطرجهار، تتبدل في كل زمان معلوم.

٦ ـ فوارة الكفتين تتبدل في زمان معلوم.

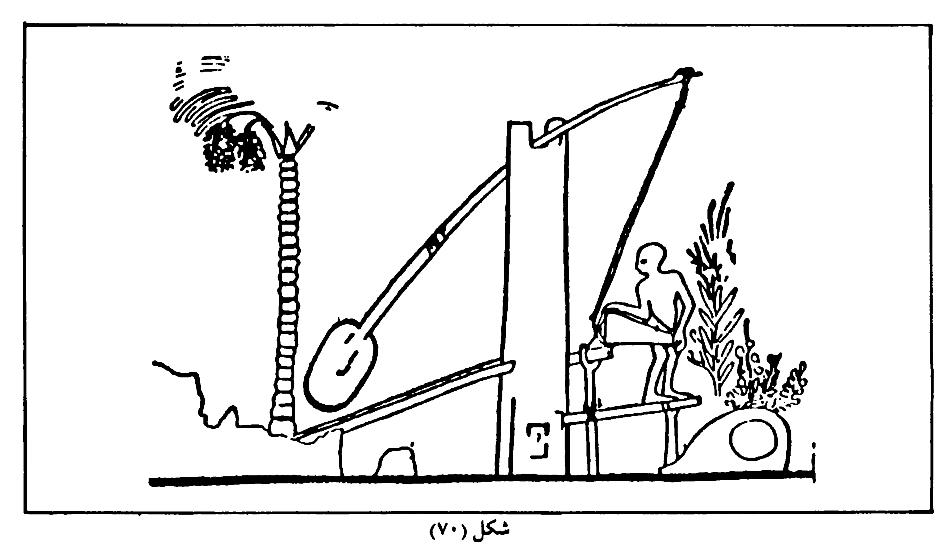
---

* هكذا في الأصل المخطوط.



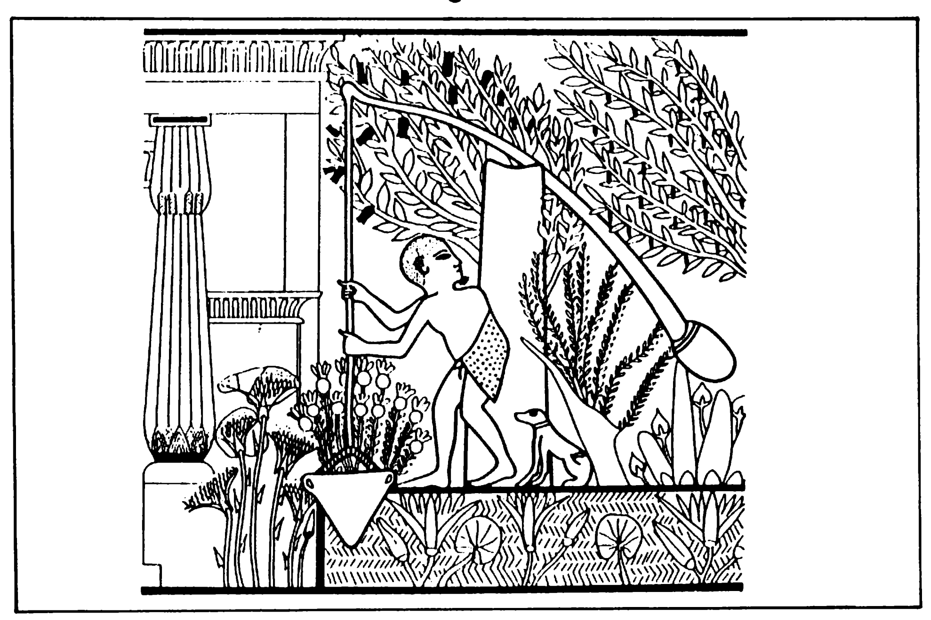
شكل (٦٩)

كأس الجور وكأس العدل ـ من أعمال الجزري ـ ومن نسخ فاروق بن عبداللطيف الياقوتي المولوي في رمضان سنة ٧١٥هـ = ديسمبر ١٣١٥م بسوريا. (عن مخطوط قاعة فرير للفن بواشنطن).



شكل (٧٠)

استخدام الشادوف في أعمال الري في مصر القديمة منذ حوالي ١٤٠٠ ق.م. ويعتمد تشغيله على مبدأ الرافعة (قوة يسيرة × ذراع طويلة = قوة كبيرة × ذراع قصيرة).



تابع شكل (٧٠)

رسم لشادوف على جدران أحد المقابر المصرية القديمة، ويرجع تاريخه الى حوالي سنة ١٤٠٠ قبل الميلاد.

الفوارات في أعمال ابن معروف

أورد تقي الدين محمد بن معروف في كتابه «الطرق السَّنية في الآلات الروحانية» (من القرن ١٠هـ = ١٦م) أربع فوارات نشير اليها بإيجاز فيما يأتي:

١ - «الأولى فوارة يبرز منها ثلاثة صولجانات متفرقة الى الثلاث جهات، وخيمة تحت الصولجان منفرشة في سائر جهاته..».

٢ - «الفوارة الثانية كهذه غير أنها تتبدل، فتارة صوالجة، وتارة خيمة..».

٣ - «الفوارة الثالثة فوارتان متقابلتان، وكل واحدة منهما تخرج منها شجرة وخيمة، لكن بحيث إنه اذا خرج من هذه الفوارة شجرة كانت خيمتها بطالة، وشجرة الفوارة المقابلة لها عمالة، وإذا خرج منها خيمة كانت شجرتها بطالة، وخيمة الفوارة المقابلة لها عمالة..».

٤ - «الفوارة الرابعة خيمة دائمة وشجرة وصولجان في وسطها يتبدلان، فتارة يبرز هذا [وتارة] يبرز هذا..».

٢,٢٤ - آلات رفع الماء لجهة العلو

احتاج الانسان منذ القدم الى البحث عن الماء ورفعه ليوفر حاجته وحاجة أرضه وماشيته من الماء، ولعل أقدم ترتيبات هذه الآلات هي: «الشادوف» الذي عرفه قدماء المصريين شكل (٧٠)، وظهر في نقوشهم، تابع شكل (٧٠)، والشادوف جهاز بسيط لا يعدو عن كونه رافعة تعتمد في تشغيلها على توازن الجرة مع ثقل المؤخرة، ولقد تتابع ظهور آلات أخرى للري نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر لولب أرشميدس، والمضخة الماصة الكابسة لفيلون البيزنطي وأخرى لهيرون السكندري، كذا الساقية وغيرها من دواليب الماء والترتيبات ذات القواديس، والآلات التي تعمل بالمسننات وبالسلاسل، ونذكر فيما يأتي بإيجاز التعاقب الزمني لدواليب رفع المياه.

التعاقب الزمني لدواليب رفع المياه
(ذات المسننات)

- ٣٠٠ (ق.م.)	: أرشميدس يخترع لولب رفع المياه.
- ٢٠٠ (ق.م.)	: فيلون يهتم بميكنة الري بمصر.
الميلاد	: رسم لماكينة رفع المياه (تابوت) في الاسكندرية.
	بقايا أثرية لنظام ساقية في تونة الجبل بمصر، وهي آثار جيدة الحفظ.
	فيتروفيوس (Vitruvius) الروماني يصف عدة آليات لرفع الماء.
+ ١٠٠م	: هيرون السكندري (Heron or Hero) أو إيرن الكبير يقوم بدراسة موسعة للمسننات.

+ ٢٠٠م : ورق بردى إغريقي يصف عدة سواق تديرها ثيران .

+ ٣٠٠م : ورق بردى إغريقي يذكر ثيراناً لأعمال الري .

ورق بردى إغريقي يحتوي على حسابات ضيعة تشير الى الساقية .

+ ٤٠٠م : قواديس لدواليب الماء تحمل تواريخاً .

+ ٥٠٠م : بقايا نظام ساقية في أبي مينا بمصر.

ورق بردى إغريقي يذكر دولابا ذا ٣٦ نتوءا أو سِنًّا .

+ ٦٠٠م : أوراق بردى إغريقية تشتمل على سواق .

بقايا نظام ساقية في أبي مينا بمصر.

+ ٧٠٠م : أوراق بردى إغريقية تحكي عن المسنن الصغير.

ورقة بردى قبطية تشير الى دولاب ذي أربعين سنا أو نتوءا .

+ ٨٠٠م : يعقوب بن اسحق الكندي (١٨٥ ـ ٢٥٢هـ) = ٨٠١ ـ ٨٦٧م)

يتحدث عن سواق ذات خزانات بمصر.

بقايا نظام ساقية في قُصَيْر العمري .

+ ٩٠٠م : البلاذري صاحب «فتوح البلدان» (ت: ٢٧٩هـ = ٨٩٢م)

يصف دولاب ماء ربما في العراق في ورقة بردى عربية .

أسطورة قبطية تذكر ساقية في الاسكندرية .

+ ١٠٠٠م : ورقة بردى عربية تشير الى ساقية .

+ ١١٠٠م : منمنمة من بغداد ـ رسم إنشائي ممتاز لدولاب ماء .

ابن سيده صاحب «المخصص» (ت: ٤٥٨هـ = ١٠٦٥م) يصف الساقية .

+ ١٢٠٠م : اسماعيل بن الرزاز الجزري (ت: ٦٠٣هـ = ١٢٠٦م) يؤلف كتابه الموسوم :

«كتاب في معرفة الحيل الهندسية»، أو كتاب «الجامع بين العلم والعمل،

النافع في صناعة الحيل»، ويشتمل على العديد

من الدواليب والمسننات والآليات المختلفة .

ابن العوَّام صاحب «الفلاحة الأندلسية» (ت: نحو ٥٨٠هـ = ١١٨٥م) .

يصف دولاب ماء في اسبانيا .

+ ١٣٠٠م : قواديس لدواليب ماء اسبانية وسورية ذات جانبية واحدة .

+ ١٤٠٠م : القلعة وجُبُّ يوسف في القاهرة .

+ ١٥٠٠م : جوانيلو توريانو (Juanelo Turriano) يأتي بدولابي ماء في مخطوطته .

جاكوبو ماريانو (Jacopo Mariano) يقدم رسما
جيدا لدولاب ماء يعمل في الداخل .

١٦٠٠م + : دواليب ماء في إيطاليا .
منمنمات فارسية بها رسوم لدواليب ماء
جيورجيوس أجريكولا (Georgius Agricola) يذكر بعض دواليب ماء تخيلية .



Thirteen century hydraulic noria. Codex Arab 368 folio 19 recto. Biblioteca Apostolica, Vatican. See Richard Ettinghausen: Treasures of Asia, Arab Painting. *Albert Skira 1962, p. 127.*

شكل (٧١)
رسم لناعورة (**Noria**) في المخطوطات العربية، يرجع تاريخه الى القرن ٧هـ = ١٣م.
(عن مخطوط مكتبة الفاتيكان ـ رقم . عربي ٣٦٨).

بعض إنجازات العرب والمسلمين في صنعة آلات رفع الماء لجهة العلو

أولى العـرب والمسلمـون عنـاية خاصـة لترتيبـات إصعاد الماء لأغراض الشرب والري، ومن هؤلاء المهندسين نخص بالذكر بديع الزمان اسماعيل بن الرزاز الجزري (من القرن ٦هـ = ١٢م) صاحب كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل»، كذا تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (القرن ١٠هـ = ١٦م) صاحب كتاب «الطرق السنية في الآلات الروحانية».

وتضم أعمال الجزري في هذا المجال عدة آليات منها:

١ ـ ترتيبة رفع الماء بالمغرفة الغامسة (الأشكال ٧٢ ـ ٧٤).

٢ ـ ترتيبة رفع الماء باستعمال أربع مغارف غامسة تعمل بطريقة تعاقبية، وذلك لتحقيق الحد الأقصى من رفع الماء في الدورة الواحدة (الأشكال ٧٢، ٧٥ ـ ٧٧).

٣ ـ ترتيبة لاصعاد الماء باستعمال زنجير (سلسلة) يحمل دلاء (الأشكال ٧٨ ـ ٨٠).

٤ ـ ترتيبة لرفع الماء بواسطة مغرفة متأرجحة (شكلا ٨١، ٨٢).

٥ ـ مضخـة الأسـطوانتين المتعاكستين (Opposed Cylinders) (شكلا ٨٣، ٨٤)، وفيها ترتيبة ذراع متأرجح ووتد مُرحّل عن المركز (Offset Peg) يجري في شقب مشغل في عجلة مسننة، حيث يحول الحركة الدورانية الى حركة خطية ترددية على وجه التقريب، أما عملية الادارة ذاتها فإنها تتم عن طريق دولاب ماء من النوع الدفعي ذي المجاديف أو المصدات أو الأجنحة (Paddle Wheel).

هذا وقد أورد تقي الدين بن معروف مجموعة من الآليات لرفع الماء لجهة العلو نشير إليها هنا بإيجاز:

١ ـ مضخة الأسطوانتين المتقابلتين (شكل ٨٥)، وقد سبقه إليها الجزري (راجع شكلي ٨٣، ٨٤).

٢ ـ مضخة حلزونية كتلك التي تنسب الى أرشميدس، بيد أنها تدار هنا بواسطة دولاب دفع مائي عن طريق زوج من المسننات، (شكل ٨٦).

٣ ـ مضخة الحبل ذي اكر القماش (شكل ٨٧)، وتشبه ـ في عملها ـ عمل مضخة الجزري ذات الزنجير والدلاء (الأشكال ٧٢، ٧٨ ـ ٨٠).

٤ ـ مضخة ذات ست أسطوانات تدار بواسطة دولاب دفع مائي، (شكل ٨٨).

ونعرض فيما يلي لهذه الترتيبات جميعها بشيء من التفصيل.

آلات رفع الماء في أعمال الجزري

أورد الجزري تحت النوع الخامس من الحيل الهندسية مجموع آلات شكل (٧٢) ترفع ماء من غمرة وبير ليست بعميقة ونهر جار، ويتكون هذا المجموع من خمس آلات هي:

١ ـ آلة ترفع ماء من غمرة الى مكان مرتفع بدابة تدير سَهْماً، شكلا (٧٣) و(٧٤)

وتعتمد طريقة عمل هذه الآلة على إدارة مغرفة (مغموس طرفها في الماء) لربع دورة، حيث تفرغ محتواها من الماء الذي رفعته عند منسوب محور إدارتها، ويتطلب ذلك استخدام عجلة ذات أسنان مشغلة حول ربع محيطها فحسب، سعيا لاحداث حركة المغرفة من الوضع الرأسي الى الوضع الأفقي . هذا ويجري نقل الحركة (وبالتالي القدرة) من المحور الأفقي الى العمود (السهم) الرأسي الذي تديره الدابة، وذلك بواسطة زوج من العجلات المسننة (مبين الى اليمين في الشكل).

وبـانتهاء تعاشق المسننة الجزئية مع مسننة عمود المغرفة، تهوي المغرفة، وتنغمس في الماء استعدادا للدورة التالية.

ولعل هذه هي المرة الأولى التي يستعمل فيها مسنن جزئي (Segmental Gear) في الهندسة الميكانيكية.

٢ ـ آلة ترفع الماء من غمرة أوبير بدابة تديرها

لم يفت الجزري أن يلحظ أن الآلة السابقة تعطي رفعا للماء خلال ربع دورة فقط، فإذا ما أمكن زيادة عدد المغارف مع زيادة عدد المسننات الجزئية وتعاقبها بشكل دوري لأمكن (زيادة مغرفة أخرى، ومغرفتين وثـلاث ـ على حد قول الجزري) مع الاستفادة القصوى من هذه الآلة بتدبير أربع مغارف تعمل بطريقة متعاقبة: مغرفة لكل ربع دورة، الأشكال (٧٥) الى (٧٧).

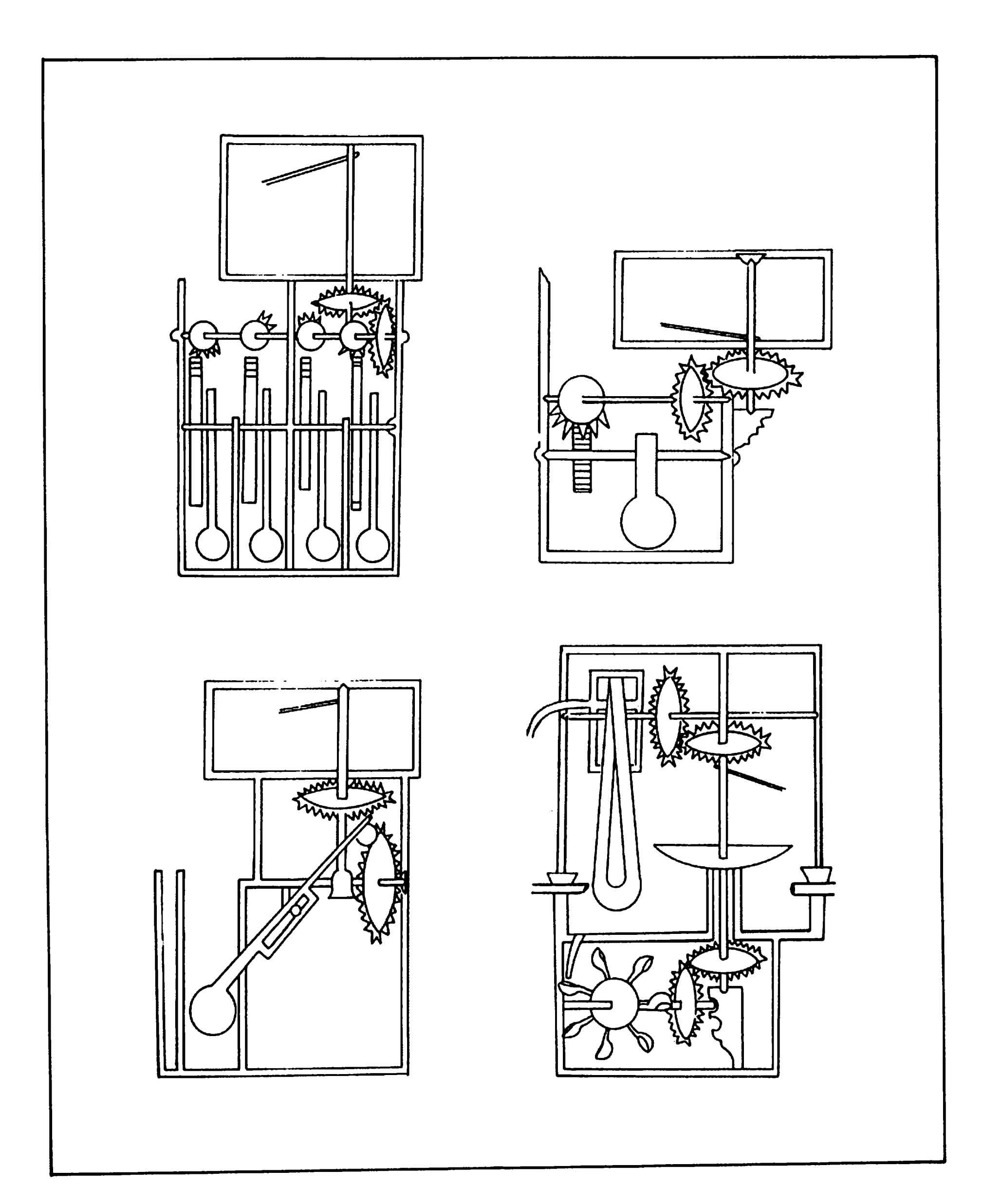
٣ ـ آلة رفع الماء باستعمال زنجير ودلاء

تعتمد عملية رفع الماء في هذه الآلة على الاستعانة بزنجير طويل موصول الطرفين يحمل دلاء ويمر على دولاب قفصي يحركه عمود مستعرض متصل ـ بزوج من المسننات ـ مع العمود الرأسي الذي تديره الدابة، الأشكال (٧٨) ـ (٨٠).

ويضم الجهاز ترتيبة بديلة لاستخدام الدابة المسخرة في الادارة، وذلك بتشغيل تربينة (عنفة) دفعية مبيتة في أسفل الآلة، حيث تدير التربينة العمود (السهم) الرأسي بواسطة زوج من المسننات تماما كما هو الحال في الحيلة السابقة شكل (٧٨)، وعلى ذلك تنتقل الحركة (وبالتالي القدرة) الى العمود الأفقي العلوي الذي يدير دولاب الزنجير لتصعد الدلاء بالماء الى مستوى العمود الأفقي.

٤ ـ آلة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة

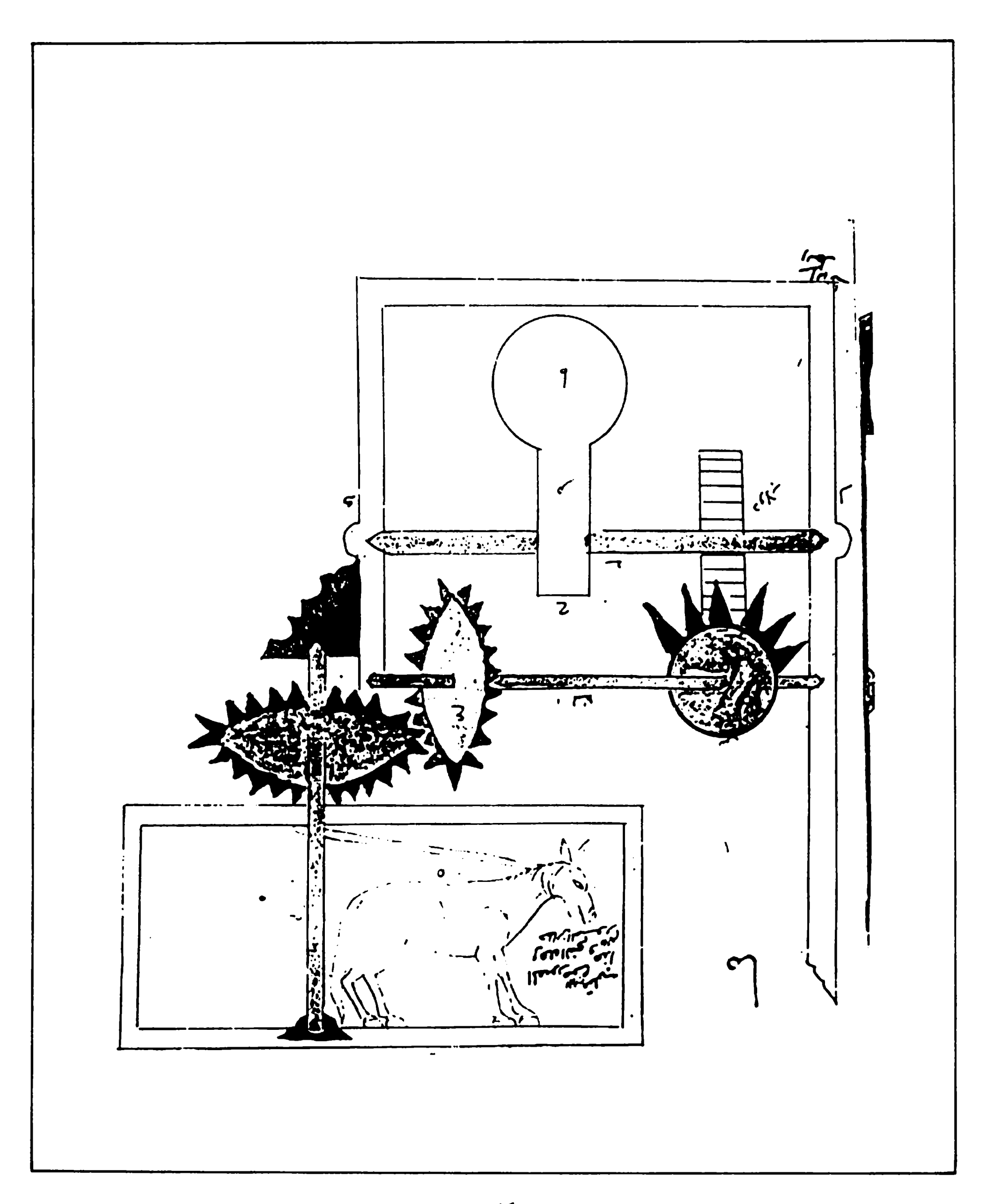
هي آلة لرفع الماء بواسطة مغرفة متأرجحة منغمسة في ماء البئر، وذلك بواسطة وتد يتحرك داخل خرق (شقب) مشغل بساق المغرفة، يتحرك حركة دورانية حول العمود المستعرض الذي ينتهي طرفه الأيمن بدولاب مسنن رأسي، يتعاشق مع الدولاب المسنن الأفقي والمركب على المحور (السهم) الرأسي الذي تديره الدابة المسخرة.



شكل (٧٢)

رسوم تخطيطية لمجموعة من آلات رفع الماء الى جهة العلو ـ من أعمال الجزري.

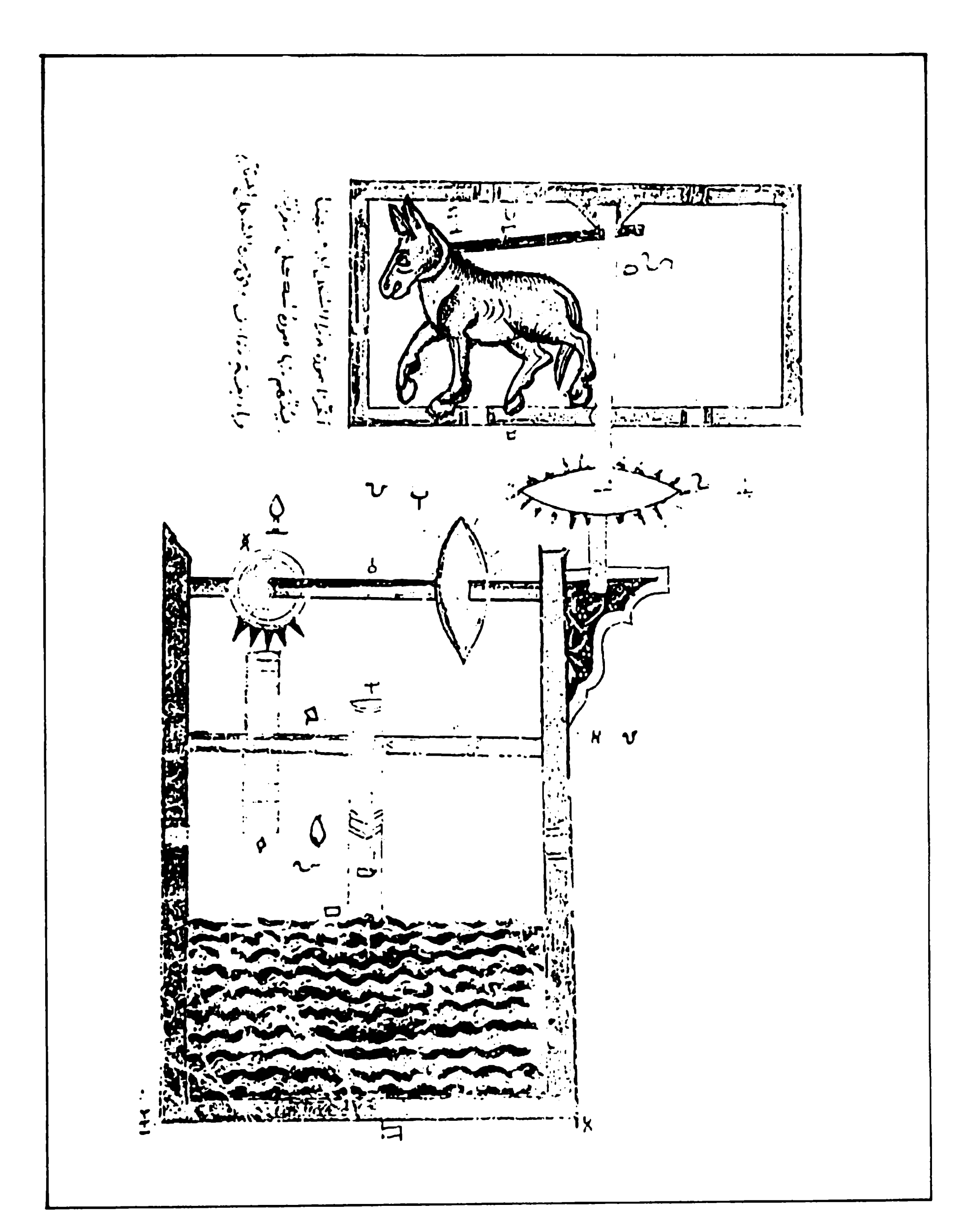
(ملحوظة: الدابة التي تدير الآلة ليست مبينة في الشكل).



شكل (٧٣)

آلة لرفع المياه بواسطة المغرفة الغامسة التي تديرها مسننة جزئية تجعل المغرفة ترتفع لربع دورة فقط، تهبط بعدها لخلو العجلة المديرة من الأسنان لثلاثة أرباع المحيط ـ من أعمال الجزري.

يلاحظ خطأ الناسخ في رسم الدابة مقلوبة. (عن متحف المتروبوليتان للفن ـ مخطوط ١٣١٥).



شكل (٧٤)

آلة المغرفة الغامسة لرفع الماء الى جهة العلو ـ من أعمال الجزري.

(عن متحف المتروبوليتان للفن ـ المخطوط رقم: ١٣١٥).

فبإصعاد كفة المغرفة عن موازاة الأفق يسري الماء من الكفة الى ذنب المغرفة متجها الى الخارج جاهزا للاستعمال. وبخفض الكفة كنتيجة حتمية للحركة الدورانية للوتد داخل الخرق (الشقب) تعود المغرفة الى الانغماس في ماء البئر لتبدأ دورة جديدة، شكلا (٨١)، (٨٢).

وجدير بالذكر أن الوتد الذي يتحرك في خرق المغرفة يقوم بأداء عمل رائد يشبه سلوك المرفق (Crank)، أو الحدبة (Cam) أو اللامتمركز (Eccentric)، في الآليات المعاصرة.

٥ ـ آلة سحب وضخ الماء في أسطوانتين متعاكستين

(Pump with opposed cylinders)

وهذه آلة قصد منها تحويل الحركة الدورانية (Rotary Motion) الناتجة عن دفع الماء لدولاب ذي أجنحة (Paddle Wheel) الى حركة ترددية خطية (Linear Reciprocating Motion) يجري بها تشغيل كَابِسَيْن (Pistons) في أسطوانتين (زراقتين) متقابلتين أو متعاكستين وذلك بواسطة ذراع متأرجح ذي خرق، يتحرك فيه وتد منتصب مركب على دولاب مسنن ليدور بدورانه، وتنتهي كل من الزراقتين (الأسطوانتين) بأنبوب سحب (مص) وأنبوب دفع (كبس)، ينظم الحركة فيهما صمامان ردّادان، شكلا (٨٣) و(٨٤).

ويجري العمل في هذه المضخة على الوجه الآتي:

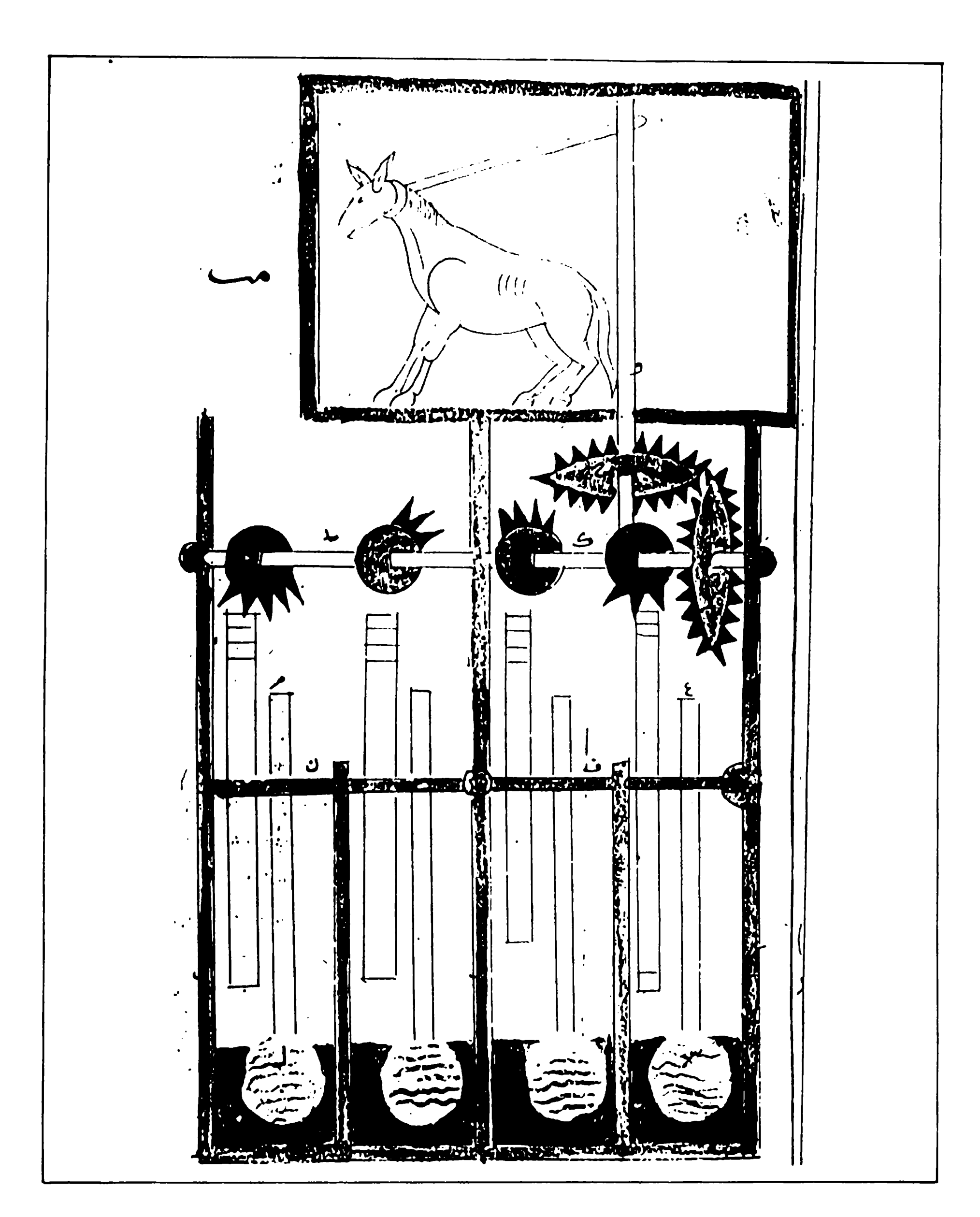
تدفع المياه الدولاب ذا الكفات ليدير المحور الأفقي الذي يحمل عجلة مسننة تقوم بدورها بإدارة المسنن السفلي الذي يحمل ـ قريبا من حافته ـ الوتد المنتصب الذي يدخل في خرق (شقب) الذراع المتأرجح حول مركز تثبيته في أسفل الآلة، ويتصل الذراع المتأرجح بقضيبي الكابسين المتقابلين ليقوم بعملية سحب (مص) في إحدى الأسطوانتين بينما يقوم بعملية دفع (كبس) في الأسطوانة الأخرى، وبذلك يُحصل على دفعتين من الماء في كل دورة كاملة للمسنن الحامل للوتد المنتصب.

وحريّ بنا أن نشير هنا الى أن الجزري تنبه تماما لمشكلة التسرب (Leakage) عبر الكابس (Piston) ، فرتّب أول مانع للتسرب، ويتمثل في لف خيط من القنب مشبع بالشحم على السطح الأسطواني لكل كابس حتى يقوم بمنع التسرب دون زيادة معاوقة الحركة لوجود الشحم، وبذلك يكون الجزري قد حاز قصب السبق في إدخال مانعات التسرب (Seals) في الآلات.

الوقاية من فِعْل الماء

أدرك الجزري تمام الادراك أهمية حماية أسطح المعادن من تأثير الماء والبيئة، وذلك بتغطيتها بأصباغ معجونة بالدهن، وفي هذا الصدد يقول الجزري في كتابه «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل» (الشكل الثالث من النوع الخامس):

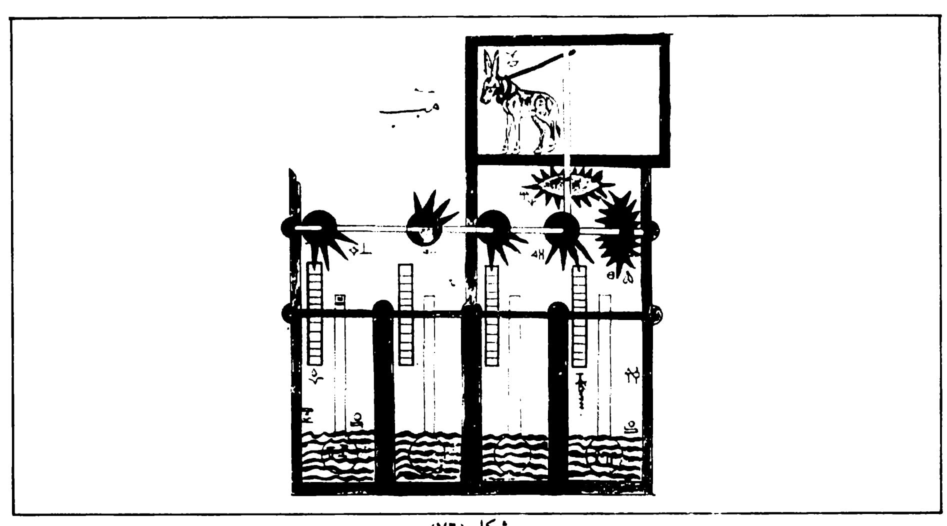
«. . . وعند تحرير ما وصفته تصبغ الدواليب والمحاور والكيزان والسواقي وجميع ما اتخذ من النحاس



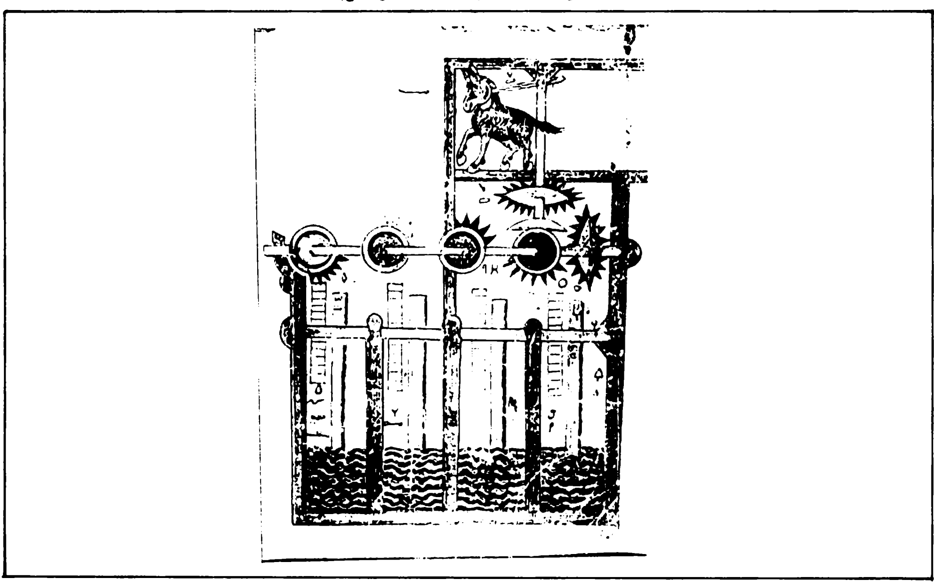
شكل (٧٥)

آلة المغارف الغامسة الأربع ـ من أعمال الجزري.

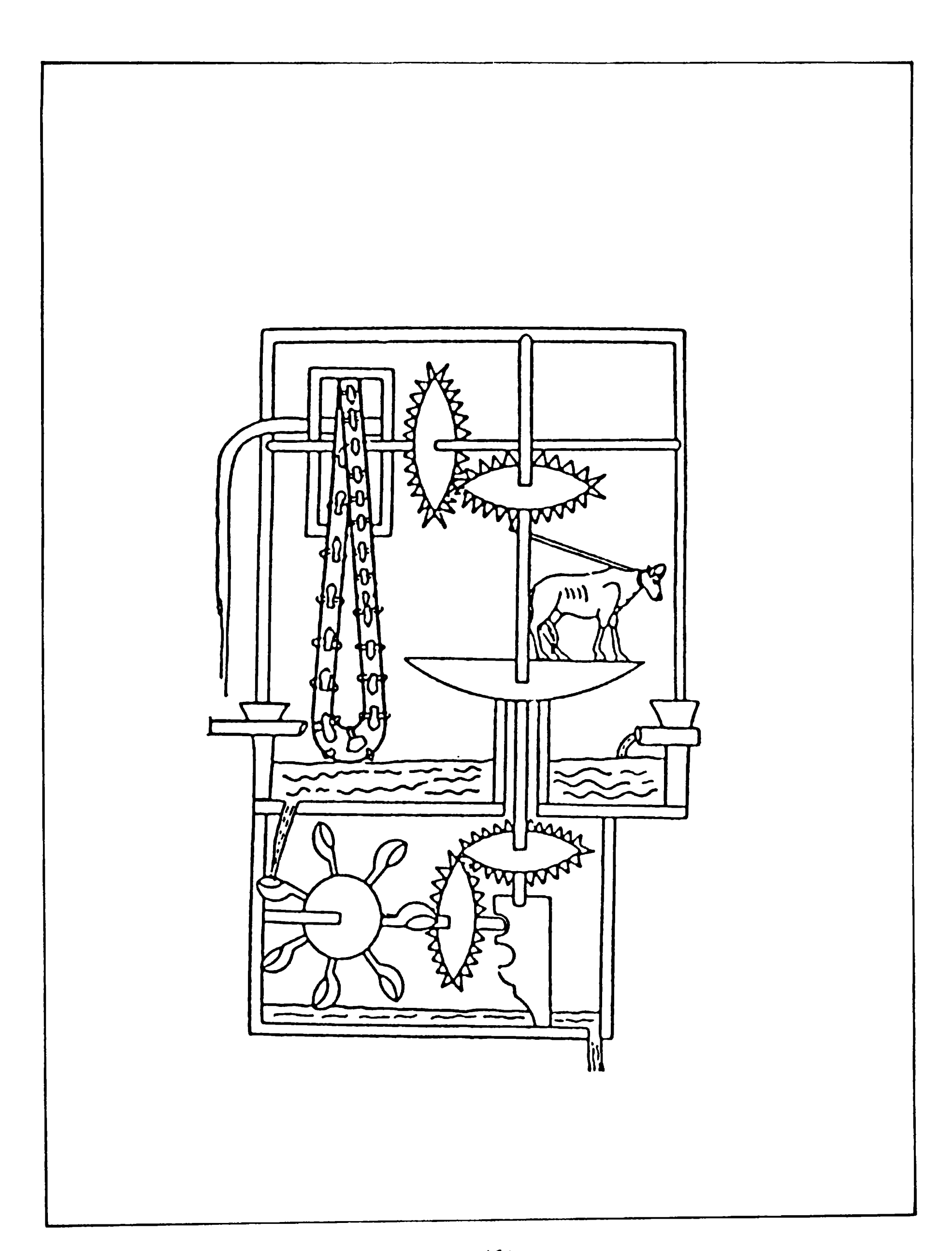
(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة اكسفورد ـ مجموعة جريفز، رقم ٢٧).



شكل (٧٦)
آلة المغارف الغامسة الأربع - من أعمال الجزري.
(عن متحف الفنون الجميلة - بوسطن).



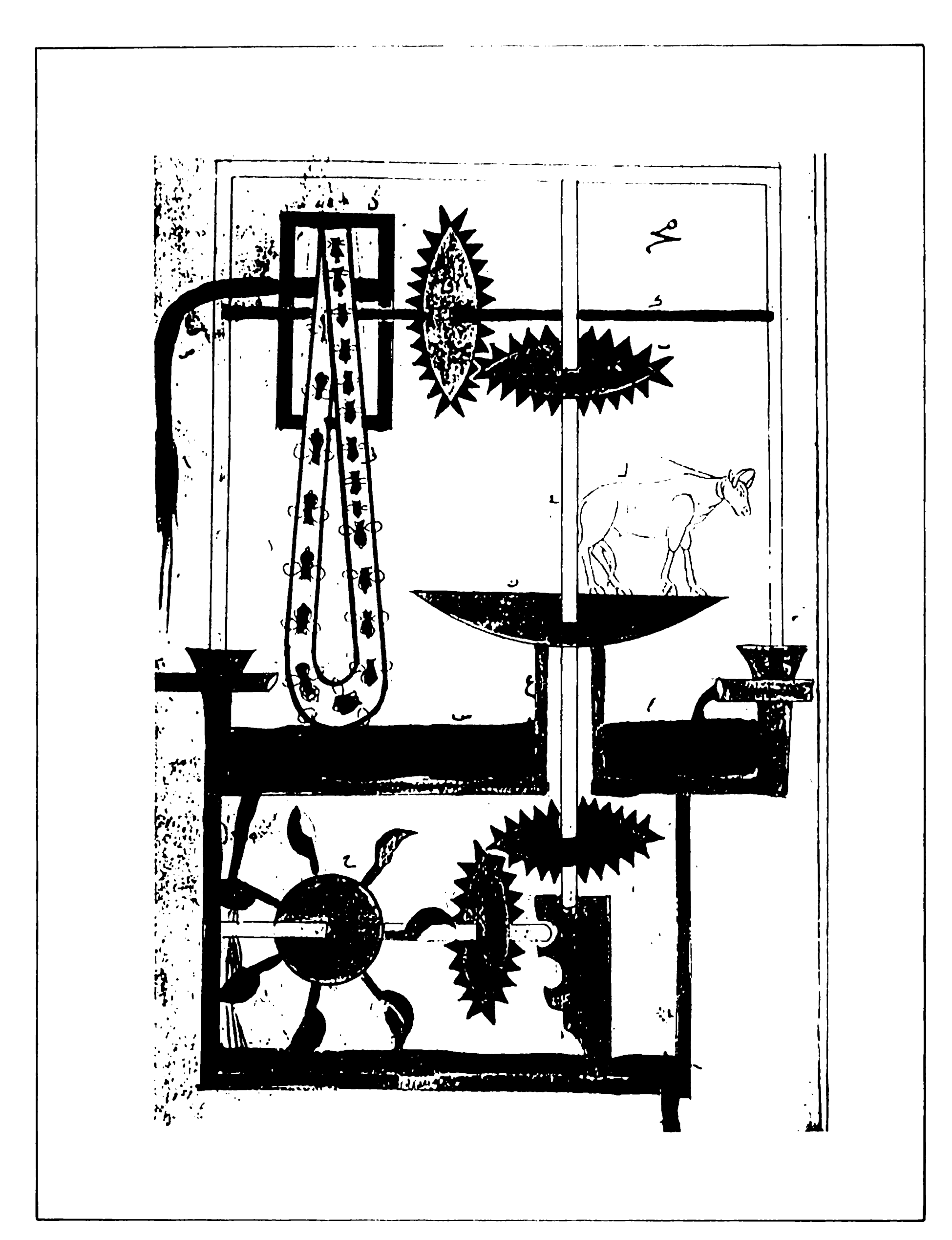
شكل (٧٧)
آلة المغارف الغامسة الأربع - من أعمال الجزري.
(عن متحف المتروبوليتان للفن).



شكل (٧٨)

آلة الزنجير والدلاء لاخراج الماء الى جهة العلو ـ من أعمال الجزري.

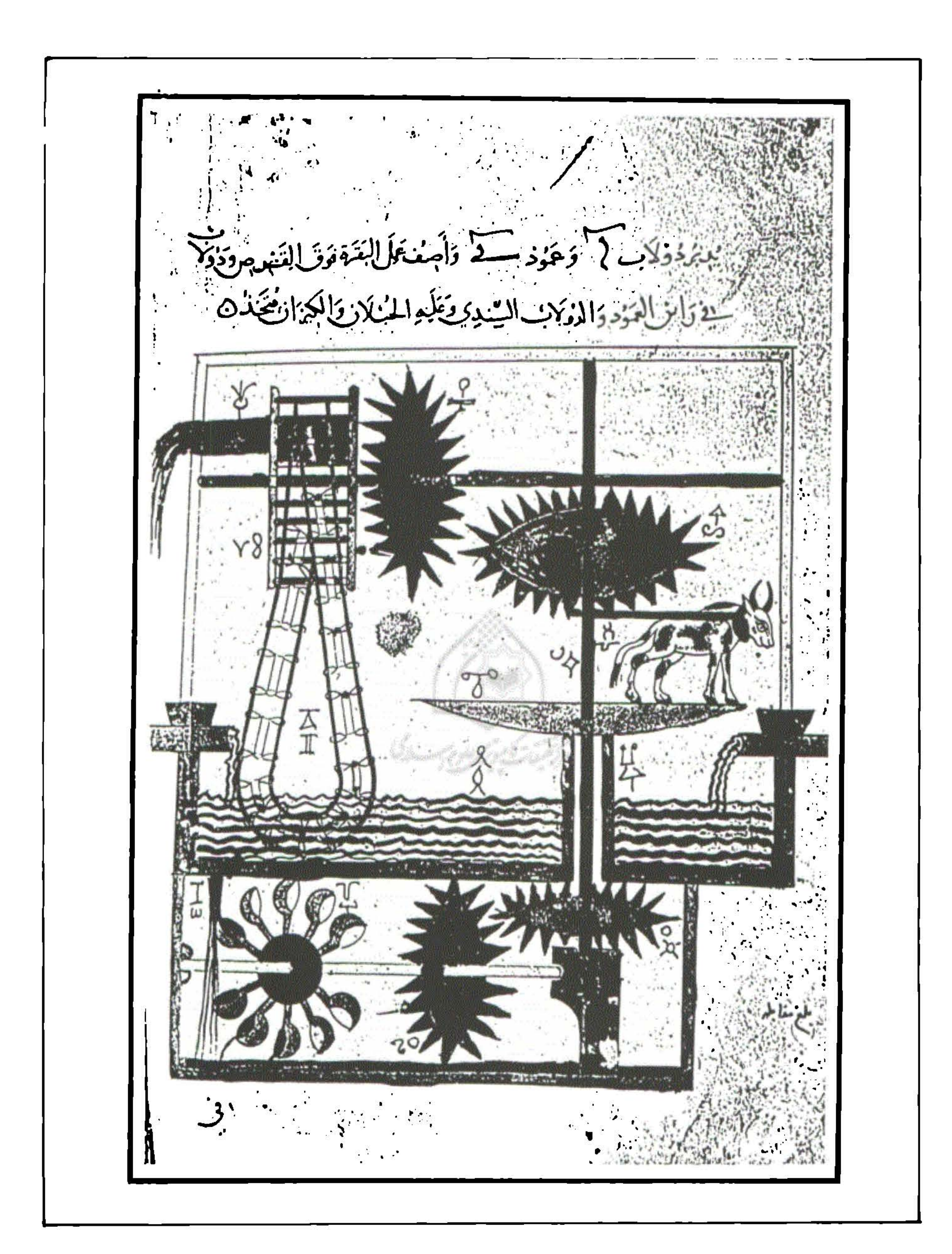
(يلاحظ تجهيز الآلة بتربينة أو عنفة دفعية في أسفل الشكل كمصدر بديل عن الدابة لادارة الآلة).



شكل (٧٩)

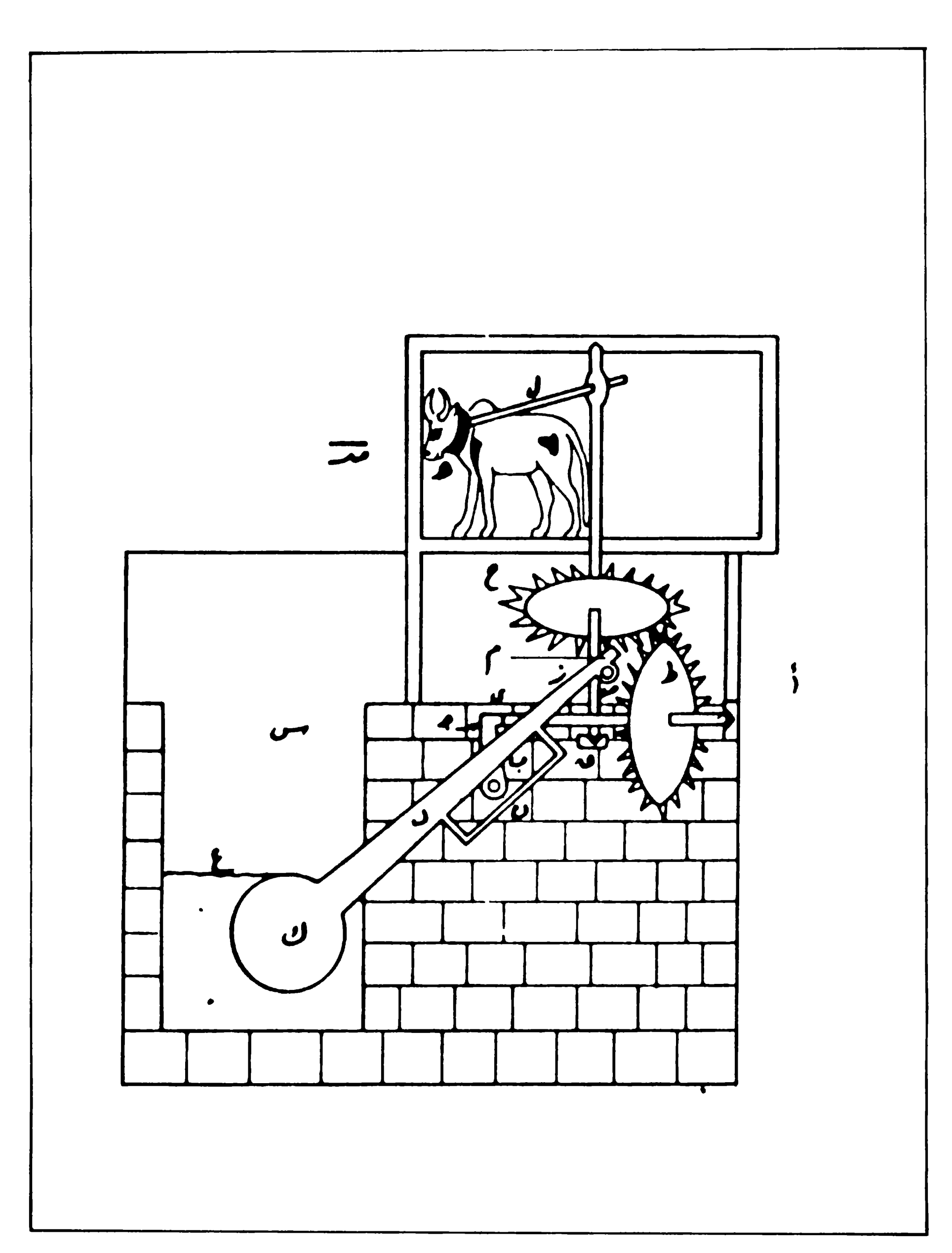
آلة رفع الماء الى جهة العلو باستخدام زنجير ودلاء ـ من أعمال الجزري.

(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ مجموعة جريفز رقم ٢٧).

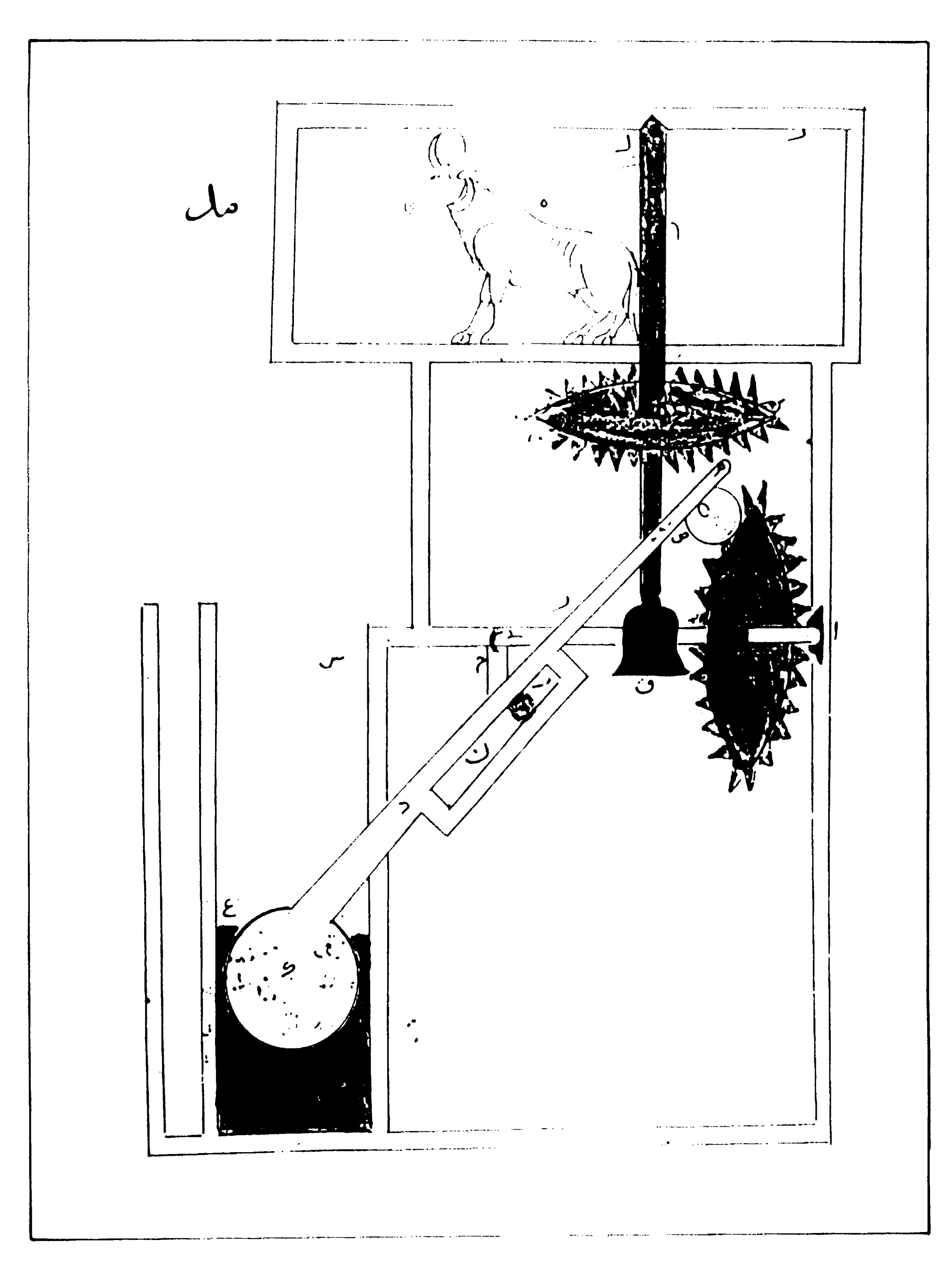


شكل (٨٠)

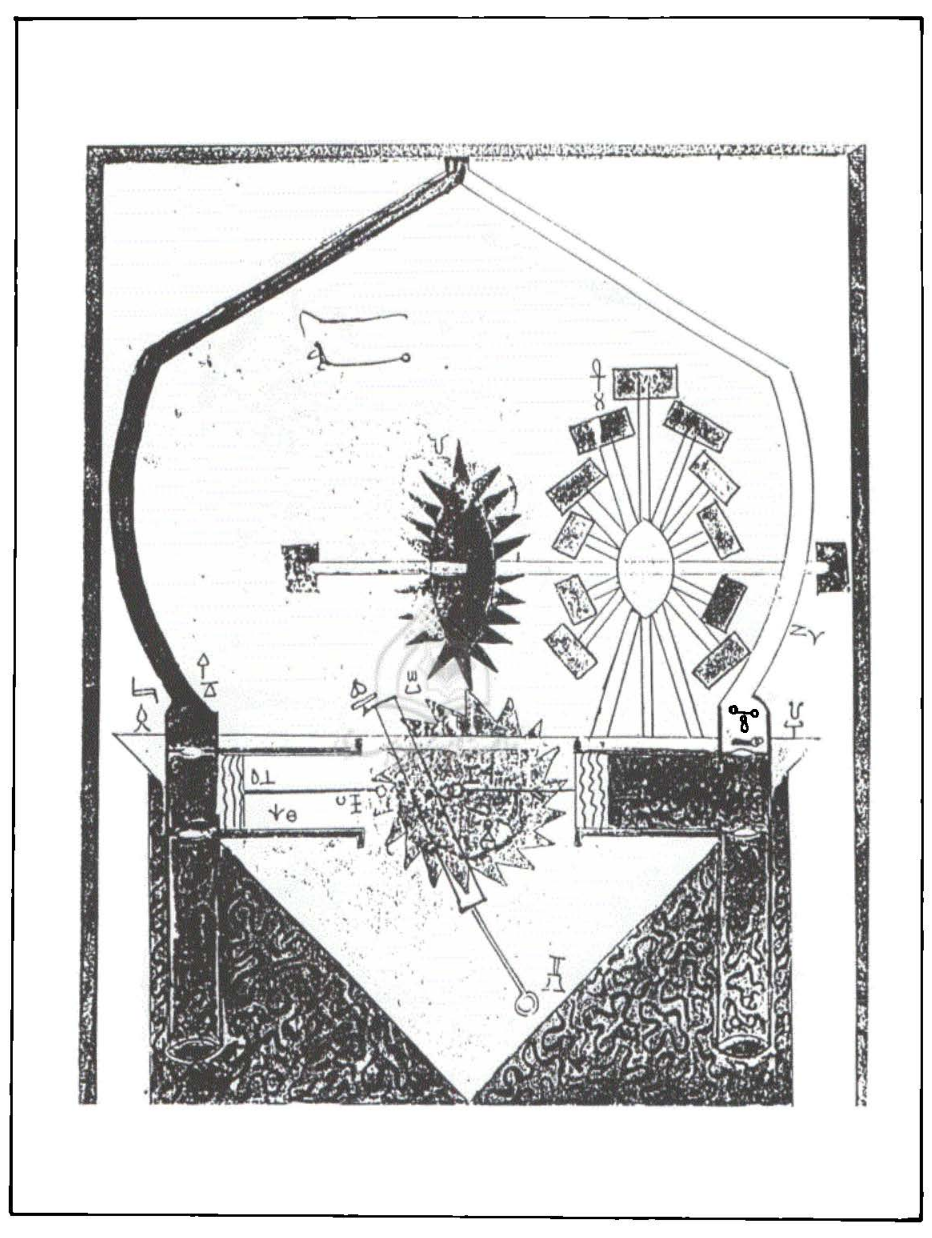
آلة الزنجير والدلاء حيث تتم الادارة إما بواسطة دابة، أو بواسطة تربينة (عنفة) دفعية عند الركن السفلي الأيسر ـ من أعمال الجزري.



شكل (٨١)
آلة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة (من أعمال الجزري).
(عن مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول ـ رقم : ٣٤٧٢).



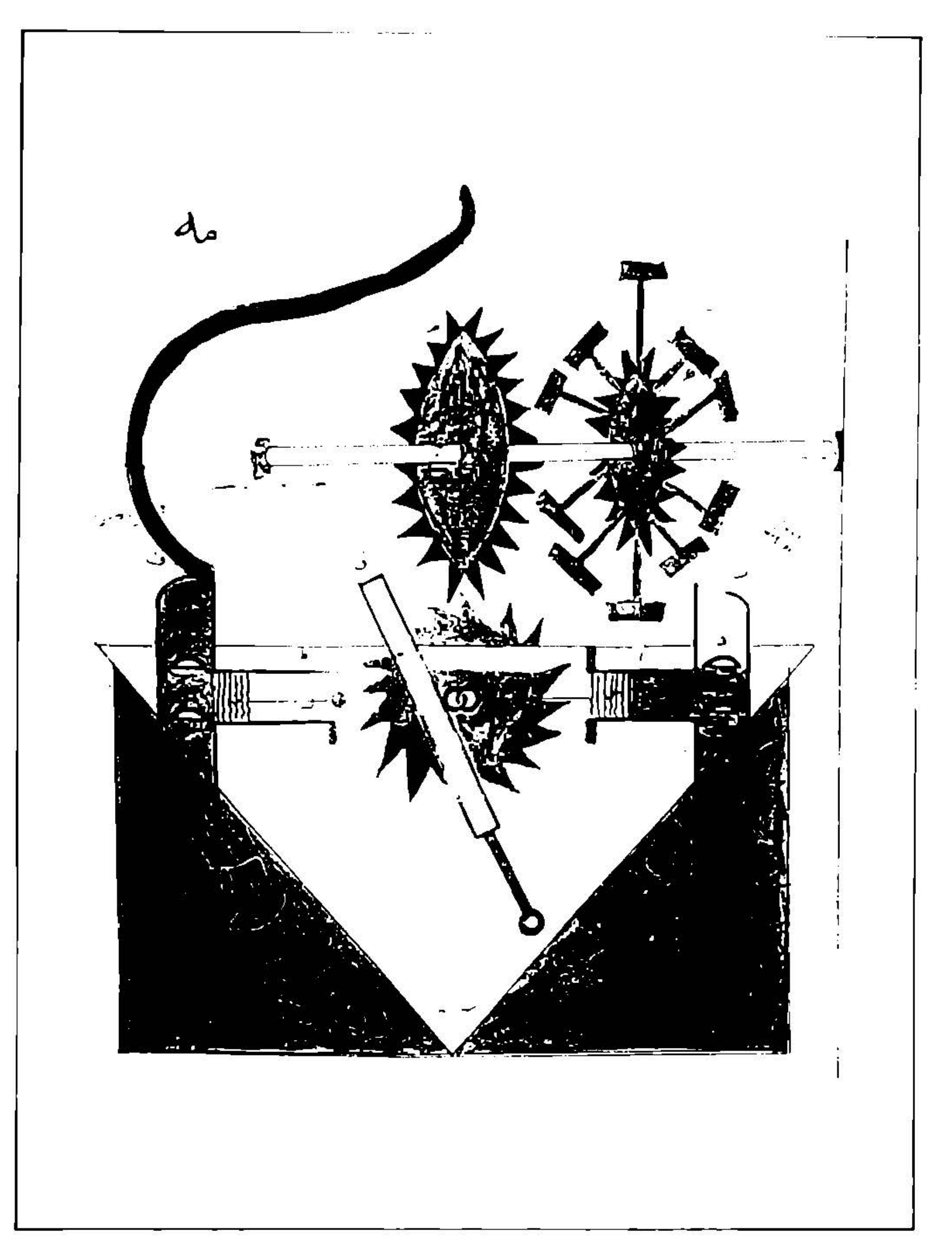
شكل (٨٢)
الة إخراج الماء بالمغرفة المتأرجحة (من أعمال الجزري).
(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد - مجموعة جريفز. رقم ٢٧ : Greaves - 27).



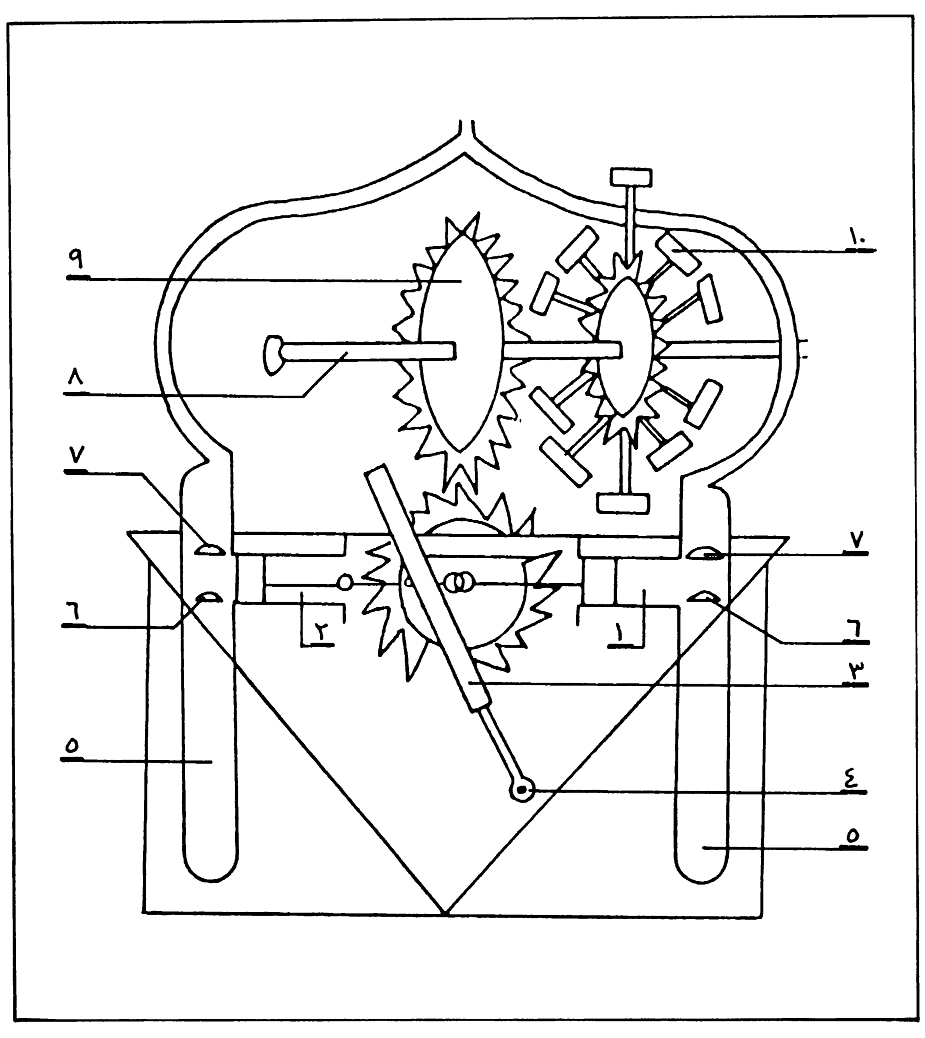
شكل (٨٣)

آلة الأسطوانتين المتعاكستين حيث تحوّل الحركة الدورانية الى حركة خطية ترددية ، وتتم الادارة بدولاب ذي مجاديف أو مصدات .

(عن متحف فوج Fogg للفن بجامعة هارفارد) .



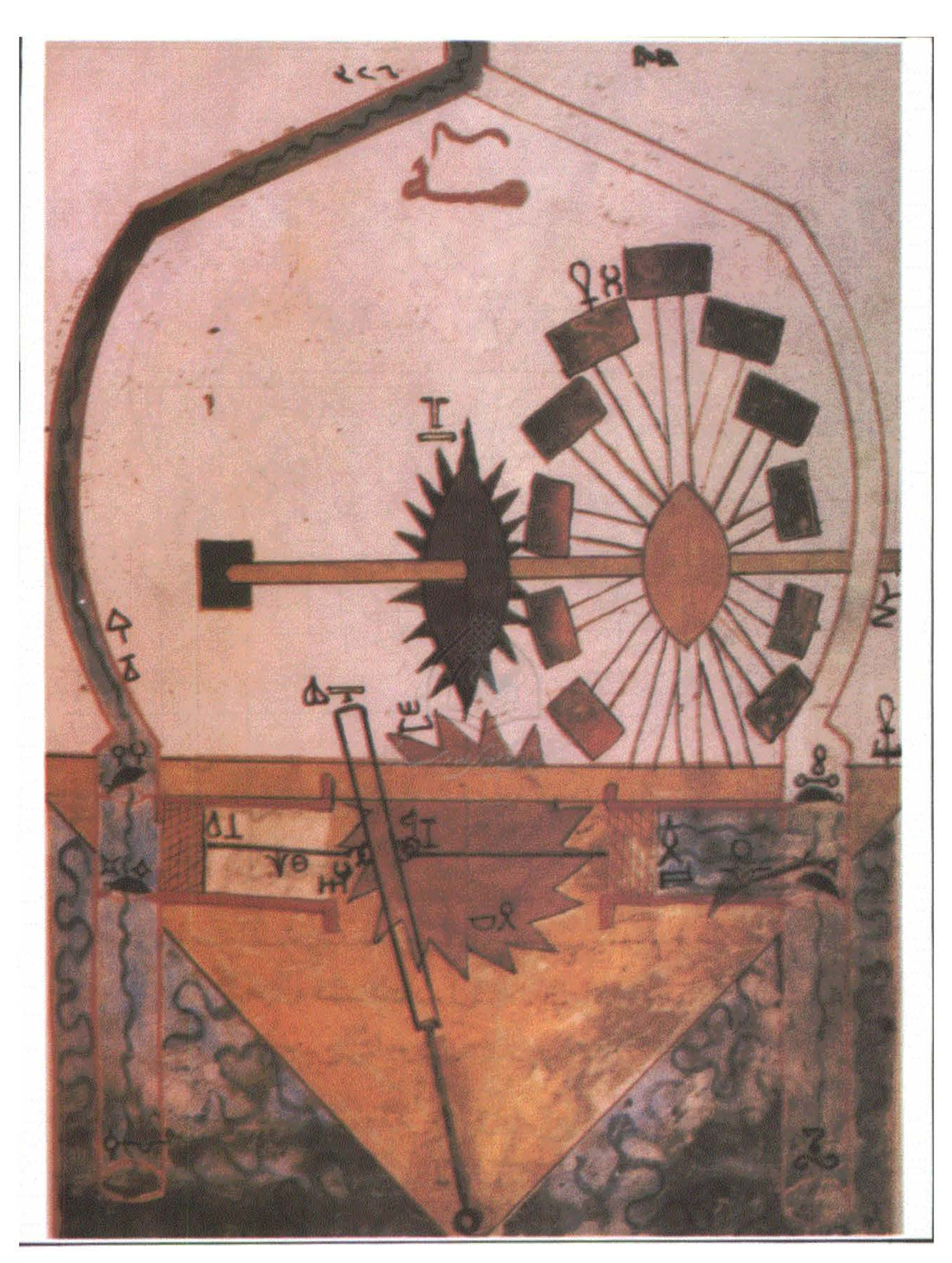
شكل (٨٤)
آلة الأسطوانتين المتعاكستين لرفع الماء الى جهة العلو - من أعمال الجزري.
(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد - مجموعة جريفز - رقم ٢٧).



تابع شكلي (٨٣)، (٨٤).
شرح بيان المكونات

١ ـ الأسطوانة اليمنى.
٢ ـ الأسطوانة اليسرى.
٣ ـ الذراع المتأرجح.
٤ ـ مرتكز الذراع المتأرجح.
٥ ـ أنبوبا الدخول للأسطوانتين (١)، (٢).

٦ ـ صماما الدخول للأسطوانتين (صماما السحب أو المص).
٧ ـ صماما الخروج للأسطوانتين (صماما الطرد).
٨ ـ عمود إدارة.
٩ ـ دولاب ذو مسننات (دادنجات).
١٠ ـ دولاب ماء دفعي ذو مجاديف أو مصدات :
(Impulse Turbine) Paddle Wheel)



(تابع شكلي ٨٣، ٨٤)
من أعمال الجزري
آلة رفع الماء بواسطة ترتيبة الأسطوانتين المتعاكستين.

وغيرِه بألوان الأصباغ معجونة بدهن بذر الكتان الخالص مسحوقة به على الصلايا، فإن الماء لا يؤثر فيه، ولا يغيِّره إلا في زمان طويل . . ».

ولقد عرفت عملية وقاية الأسطح الملامسة للماء بعملية إلرِّصاصة أو البيَّاضة (Tinning)، وذلك عند استعمال كساء من الرصاص أو من القصدير على التوالي.

آلات رفع الماء عند ابن معروف

أورد تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (القرن ١٠هـ = ١٦م) في كتابه الموسوم: «الطرق السنية في الآلات الروحانية» أربع ترتيبات لاصعاد الماء نتناولها ببعض التفصيل فيما يأتي:

١ ـ المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين
(Pump with Opposed Cylinders)

يبين شكل (٨٥) رسما تخطيطيا لهذه المضخة، حيث نجد أنه لا يقدم جديدا على ما جاء في مضخة الجزري (راجع الشكلين ٨٣، ٨٤)، إذ أن مضخة ابن معروف تتركب أيضا من دولاب مسنن مثبت به وتد لا متمركز يتحرك في شقب بالعجلة المسننة، محدثا لحركة تأرجحية لذراع متصل بمنتصف سهم الأسطوانتين المتعاكستين ليتحرك حركة خطية ترددية، ويتلقى الدولاب المسنن حركته من سنن مركب على عمود يديره دولاب ماء دفعي ذو كفات (Scoop Wheel).

٢ ـ المضخة الحلزونية (Screw Pump)

وهنا يقدم ابن معروف أول وصف ـ في الكتابات العربية ـ للمضخة الحلزونية، شكل (٨٦)، ويجري ترتيب جسم المضخة على غرار مضخة أرشميدس، إلا أن اللولب يدار ـ عن طريق زوج من المسننات ـ بواسطة دولاب ماء دفعي ذي كفات (Scoop Wheel).

٣ ـ مضخة الحبل ذي أكر القماش

مرة ثانية يسوق ابن معروف أول وصف لمضخة الحبل ذي أكر القماش، وهي مضخة تصلح بصفة خاصة للأعماق الكبيرة، حيث تمر أكر من القماش بأسلوب محكم داخل أنبوب عمودي، وذلك من أسفل الى أعلى، وهذه الأكر مثبتة في حبل أو زنجير على مسافات منتظمة، وتعمل الأكر عند مرورها داخل الأنبوب عمل الكابس (Piston) في المضخة الترددية، حيث تسحب الأكر الماء وتدفعه أمامها في جوف القصبة، شكل (٨٧).

٤ ـ المضخة ذات الأسطوانات الست

مرة أخرى يورد ابن معروف أول وصف لمضخة تضم ست قصبات (أي أسطوانات) تعمل بطريقة ترددية تعاقبية (أي الواحدة تلو الأخرى)، وتجري إدارة الأسطوانات بواسطة عمود ينتهي بدولاب مائي دفعي ذي كفات (Scoop Wheel)، شكل (٨٨).

ويذكر المؤلف أنه لا يشترط تشغيل القصبات الست في وقت واحد، وإنما يمكن التشغيل بقصبة واحدة، إلا أن الأولى ـ على حد قوله ـ ألا يجري تشغيل المضخة بأقل من ثلاث قصبات أو من قصبتين، شكل (٨٨).

ولعل هذه المضخة هي الأولى من نوعها التي تعمل بعدد من الأسطوانات مرتبة في صف واحد (In-Line Cylinders).

٢٥, ٢ـ صنعة الآلات المحركة

طرق مهندسو الحضارة الاسلامية بشدة باب توليد الحركة (ومن ثم توليد القدرة) من مساقط المياه كذا من تيارات الهواء، فخططوا وصنعوا دواليب الماء، وطواحين الهواء.

دواليب الماء

في هذه الدواليب يمكن التمييز بين نوعين هما الدواليب الدفعية، والدواليب رد الفعلية، جدول (١٩).

أولا: دواليب الماء الدفعية (Impulse Turbines)

(عنفات أو تربينات دفعية)

وهي دواليب تعتمد في عملها على الصدم المباشر لتيار الماء، وقد وقف المسلمون على نوعين منها هما:

١ ـ الدواليب ذات الكفات أو ذات المغارف (Scoop Wheels) كالدواليب الواردة في الأشكال (٧٨) الى (٨٠)، (٨٥)، (٨٦)، (٨٨) ـ (٩٦).

٢ ـ الدواليب ذات المجاديف أو المصدات (Paddle Wheels) كالدولابين المبينين في شكلي (٨٣)، (٨٤).

ثانيا: دواليب الماء رد الفعلية

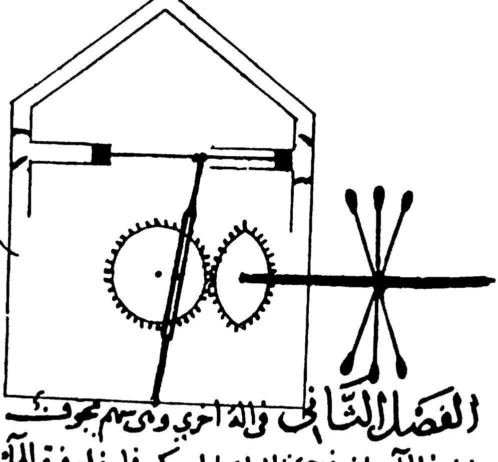
وتعمل هذه الدواليب بتأثير رد فعل حركة الماء بين فرجات مُحرَّفة (Vanes) أو ريشات (Blades) أو أجنحة مُورَّبة، حيث يؤدي التغير في اتجاه مسار الماء بين الفرجات أو الريشات أو الأجنحة المورية الى إدارة الدولاب، وهذا ما يعرف بتوليد القدرة بالتربينات (العنفات) التي تعمل على مبدأ رد الفعل (Reaction-Type Turbines)، ويعرف هذا النوع من الدواليب أيضا بالدواليب ذات الفراشات.

هذا ويبين شكل (٩٨) أول رسم لما نعرفه اليوم بالتربينة (أو العنفة) رد الفعلية، حيث يسوق الجزري ضربين لهذا النوع من الدواليب هما:

١ ـ الدواليب ذات الفرجات المُحرَّفة أو المُورَّبة (Vanes).

٢ ـ الدواليب ذات الأجنحة أو الريشات المورية (Blades).

ويثبت طرفه في نصف القطر المقابل لـ زرة بحيث يتحرك يمنة ويسرة
ويثبت طرفه الاخر في رزة السهمين ويسمر سنا في سطحه داخلا في
شق السهم الطويل بحيث انه اذا دار دورة كاملة تحرك السهم يمنة
ويسرة فيتحرك السهمان داخلا وخارجا فيصعد الماء حتى يسكب في
الحوض الذي اعد له وهذه صورة ذلك جميعه

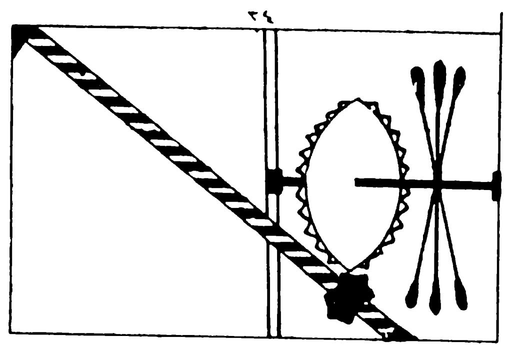


الفصل الثاني في آلة اخرى وهي سهم مجوف
طرفه في الماء وطرفه في جهة العلو مائل ومركب في اسفله فوق الماء
عمود راسه دولاب صغير كالدندانجة ومركب على [illegible]
دولاب كبير بحيث انه اذا دار دورة دار السهم عشر دورات فاذا

ادير

شكل (٨٥)
المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين ـ من أعمال تقي الدين ابن معروف.
(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢، صفحة ٣٢).
(سبق اليها بديع الزمان الجزري).

٣٤



الفصل الثالث في آلة أخرى وهي سهم طويل مجوف قائم
في الماء قدر شبر منه وفوقه سهم معترض مركب في عضادتين
متقابلتين محورين من الحديد موضوعة وفي طرف ذلك السهم
دولاب مفصص فوق القصبة ودولاب آخر في طرفه الآخر وسهم
قائم له محوران في طرفيه أحدهما في قطب الأرض والآخر في قطب
في رأس العضادة في جناح بارز منه وهذا السهم مخرق وفيه
يد طويلة قائمة على سطحه لأجل الإدارة ثم نعمل دولابا آخر مفصصا
ونضعه على محور في لبنتين تحت القصبة في جوف الماء ثم تأخذ حبلا
من الليف رقيقا وتدخله من جوف القصبة وتعطفه على الدولابين
المفصصين وتصل طرفه الواحد بالطرف الآخر بحيث لا يكون

مشدودا

شكل (٨٦)

المضخة الحلزونية التي تدار بدولاب مائي - من أعمال تقي الدين بن معروف.

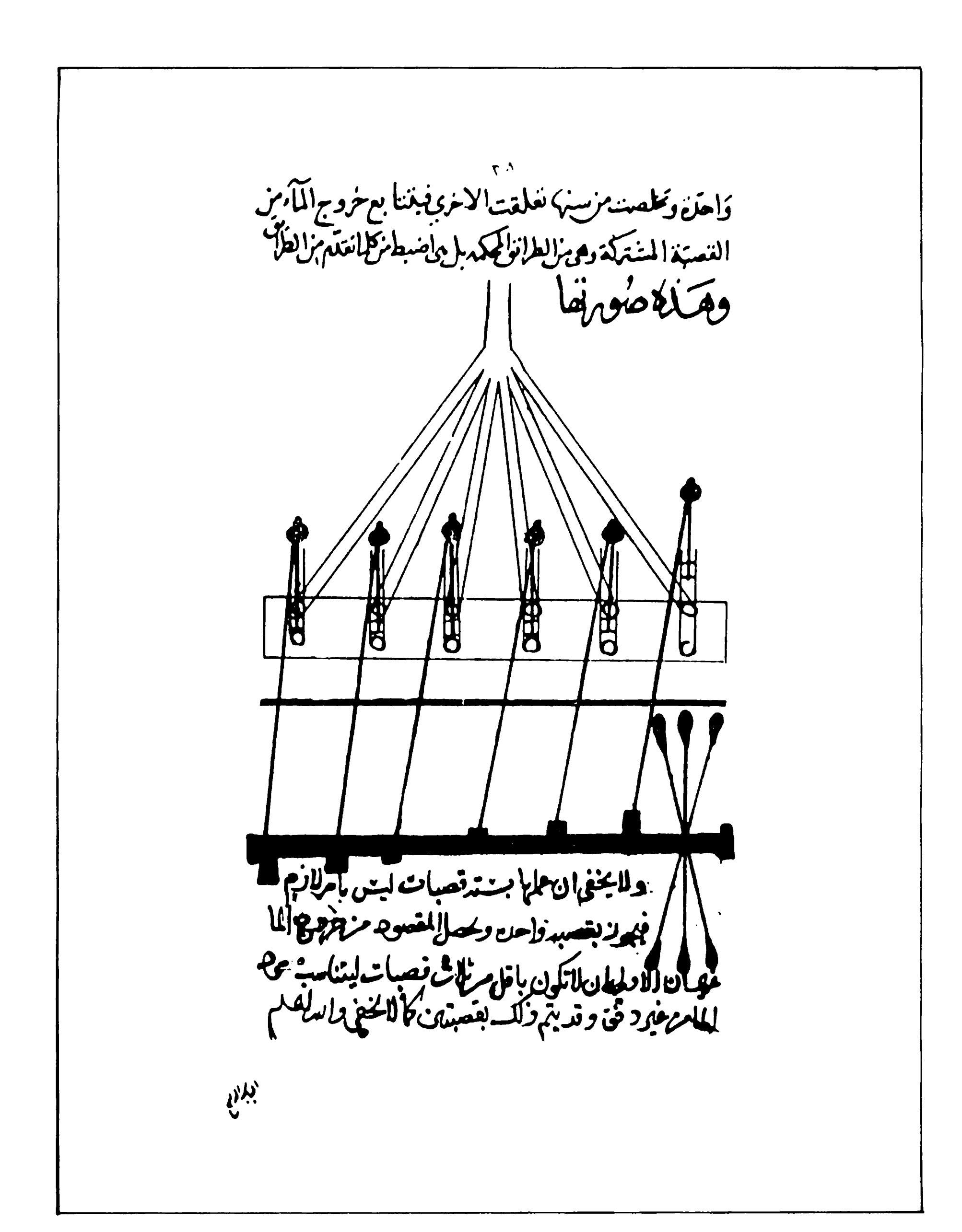
(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن - رقم: ٥٢٣٢، صفحة ٣٤).

مشدوداً ولا مرخياً فوق القدر المطلوب ثم تربط عليه أكراً من
القماش بين كل أكرتين قدر شبر وتكون الأكر محكمة التربيط
والخياطة على الحبل وكل أكرة ثخنها قدر وسط السهم تمشي فيه بسهولة
من غير خلل بينهما وبينه فاذا أديرت هذه اليد بحركة آدمي أو
بربط حيوان فيها أو بإسلط ويكون موضع اليد هيئة دولاب
طاحون الماء أدارت الدولاب الذي في أعلا السهم القايم
فاذا دار دولاب السهم الأعلى النايم فدار بحركته الدولاب القفصي
فجلب حبل الأكر من جوف القصبة فانجذب الماء في خلل الأكر إلى
أن يصعد ويسكب في الحوض الذي يريد وهذه صورته

شكل (٨٧)

مضخة الحبل ذي أكر القماش ـ من أعمال تقي الدين بن معروف.

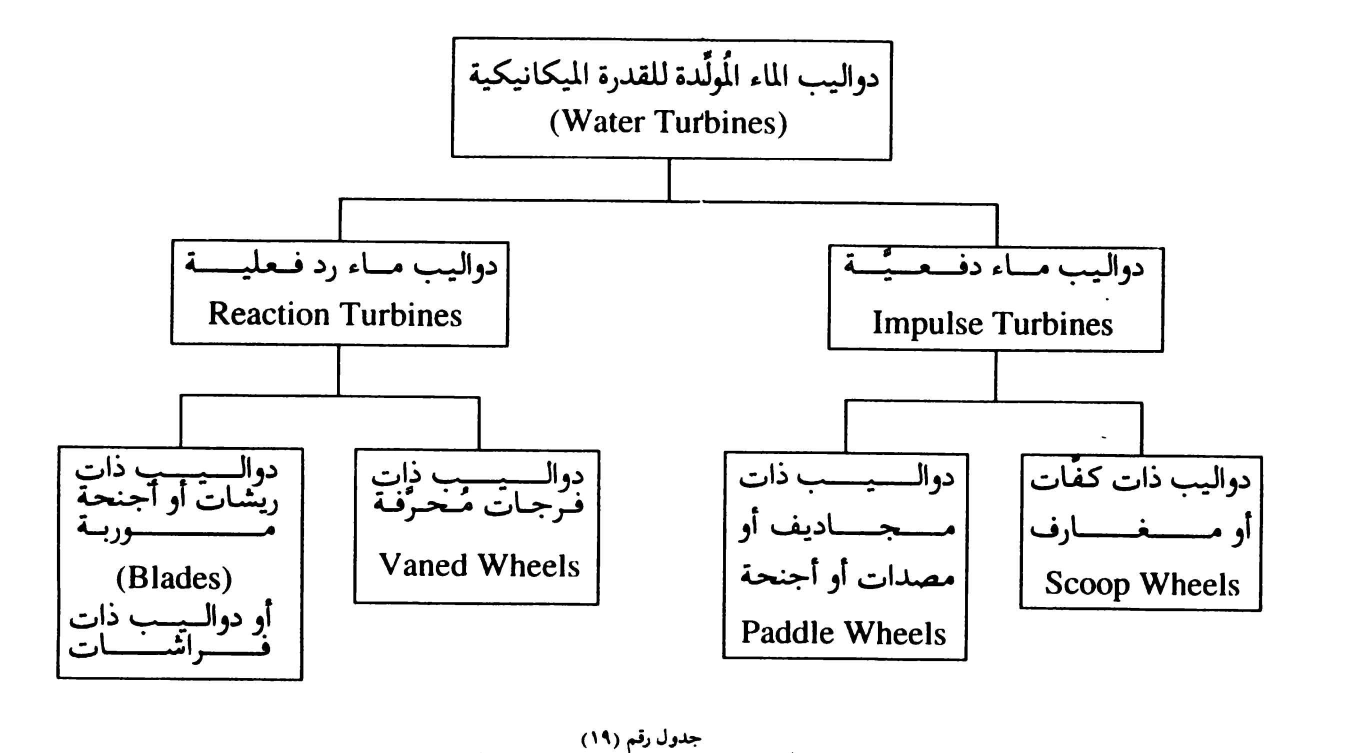
(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم: ٥٢٣٢، صفحة ٣٥).



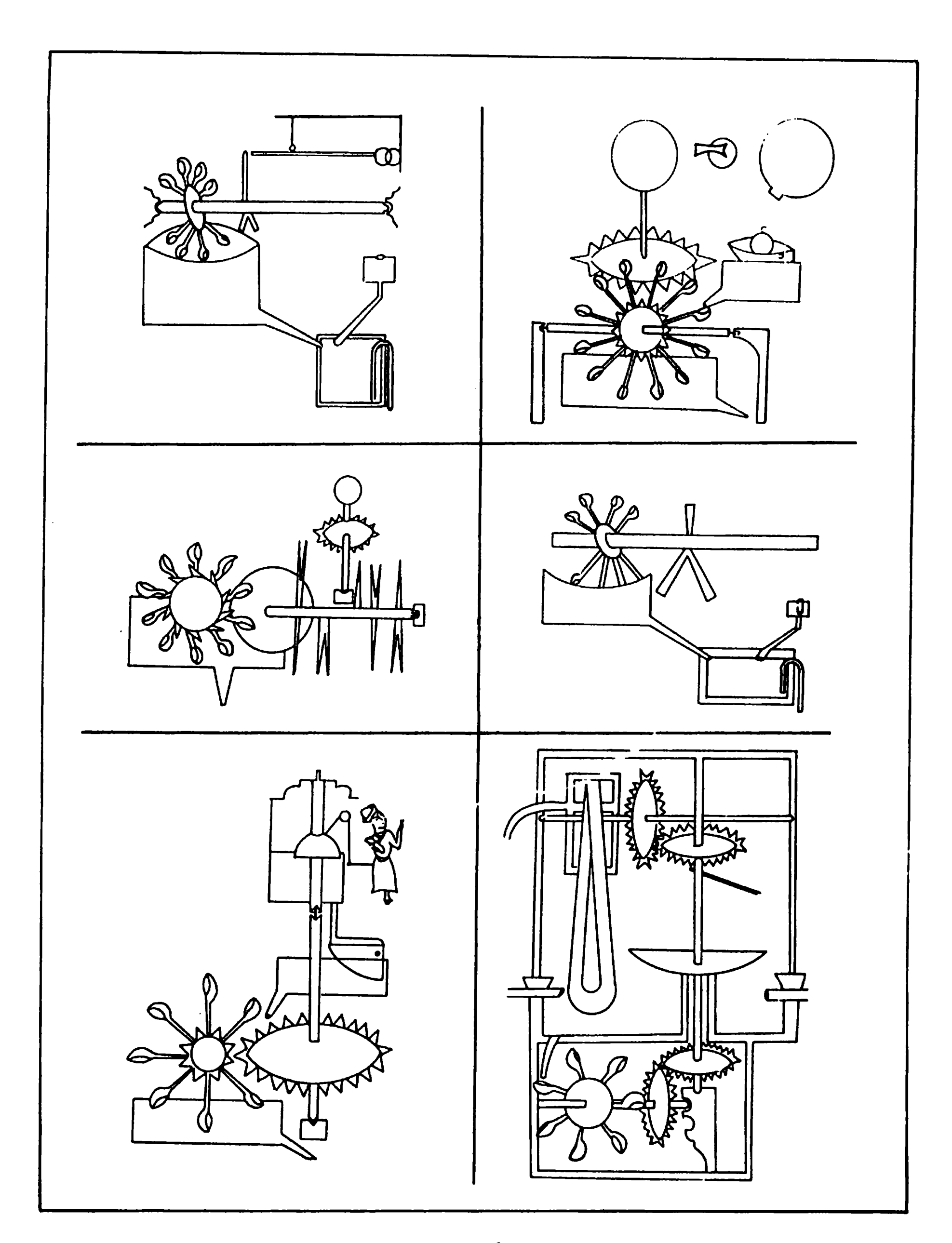
شكل (٨٨)

المضخة ذات الأسطوانات الست ـ من أعمال تقي الدين بن معروف .

(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ رقم : ٥٢٣٢ ، صفحة ٣٨) .

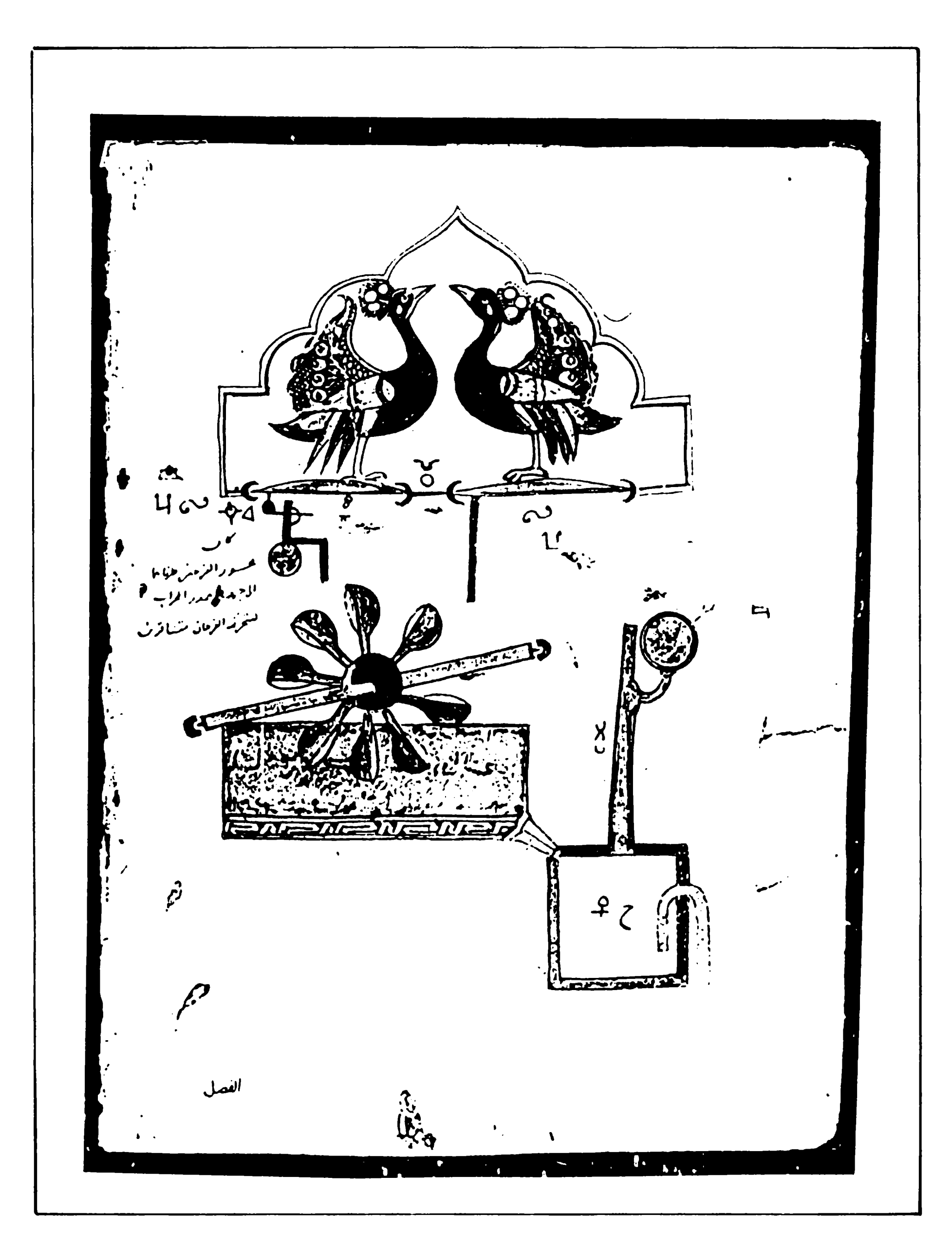


جدول رقم (١٩)
تصنيف دواليب الماء المُولِّدة للقدرة الميكانيكية والتي كانت معروفة تماماً في الحضارة الإسلامية



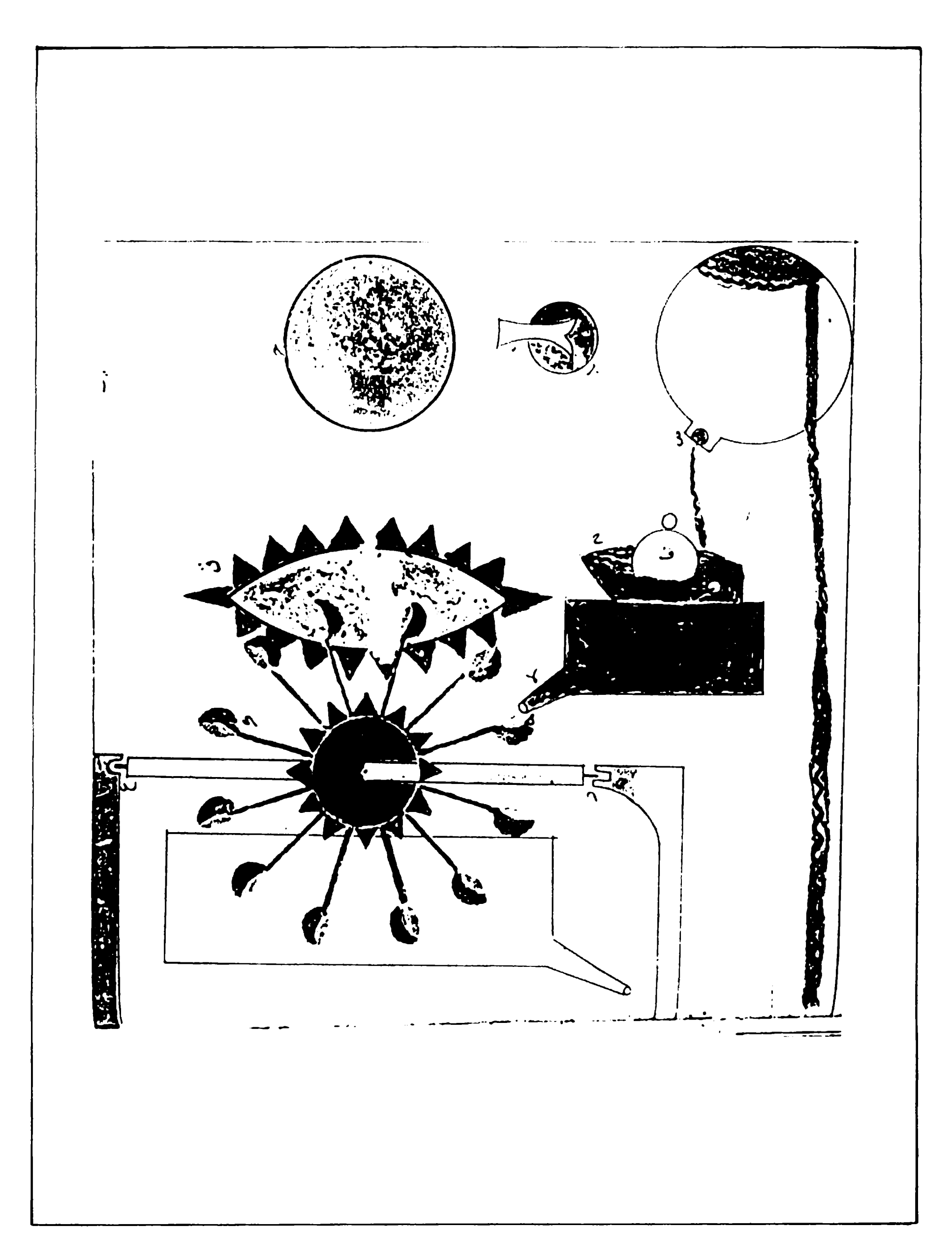
شكل (٨٩)

توليد الحركة (ومن ثم القدرة) ونقلها بالمسننات (الدادنجات) والأعمدة (الأسهم) - من أعمال بديع الزمان الجزري، ويلاحظ أن القدرة مولدة من دواليب ذات كفات أو مغارف.



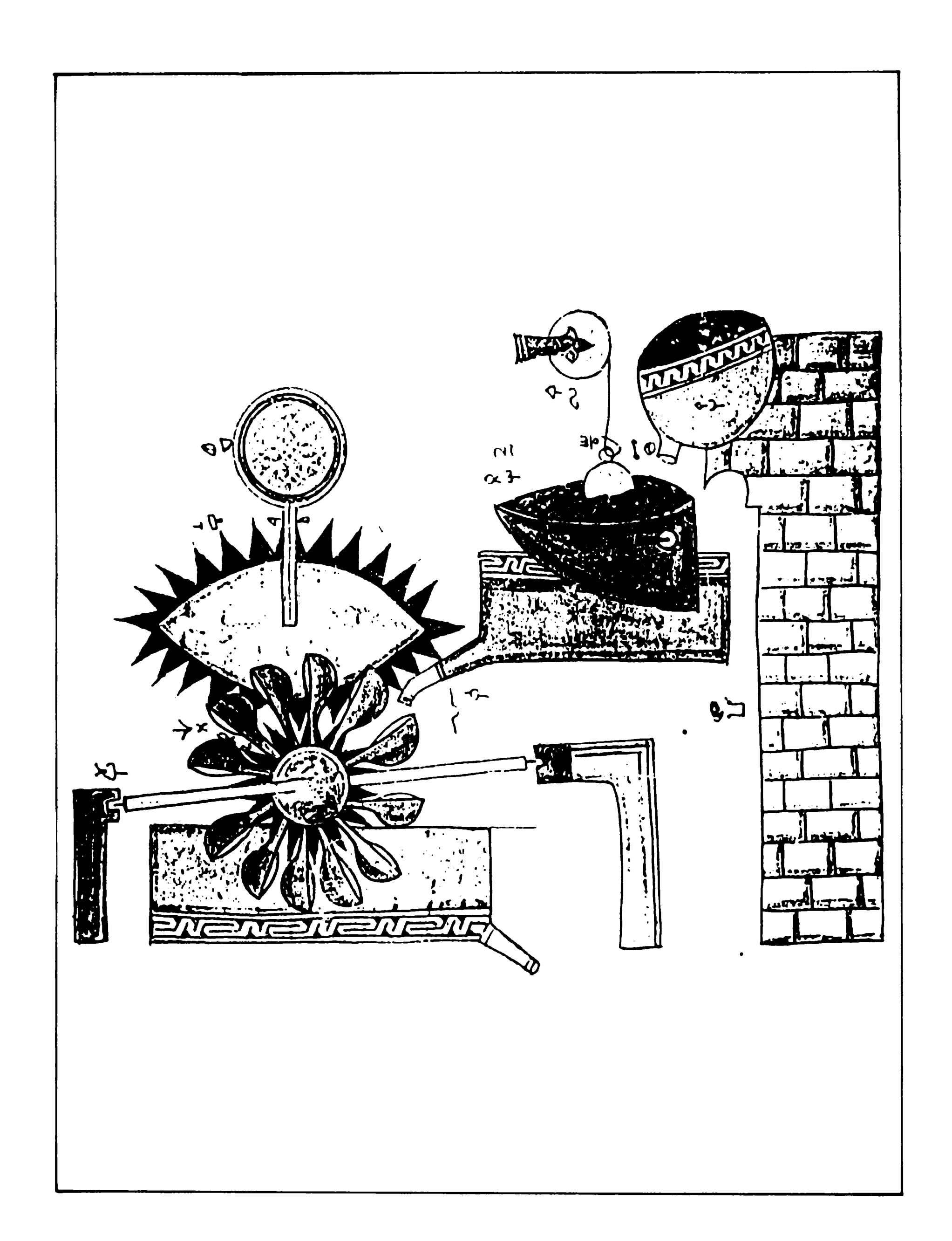
شكل (٩٠)

دولاب ماء دفعي ذو كفات (Scoop Wheel) كما ورد في ساعة الطواويس للجزري (عن متحف المتروبوليتان للفن (Metropolitan Museum of Art).



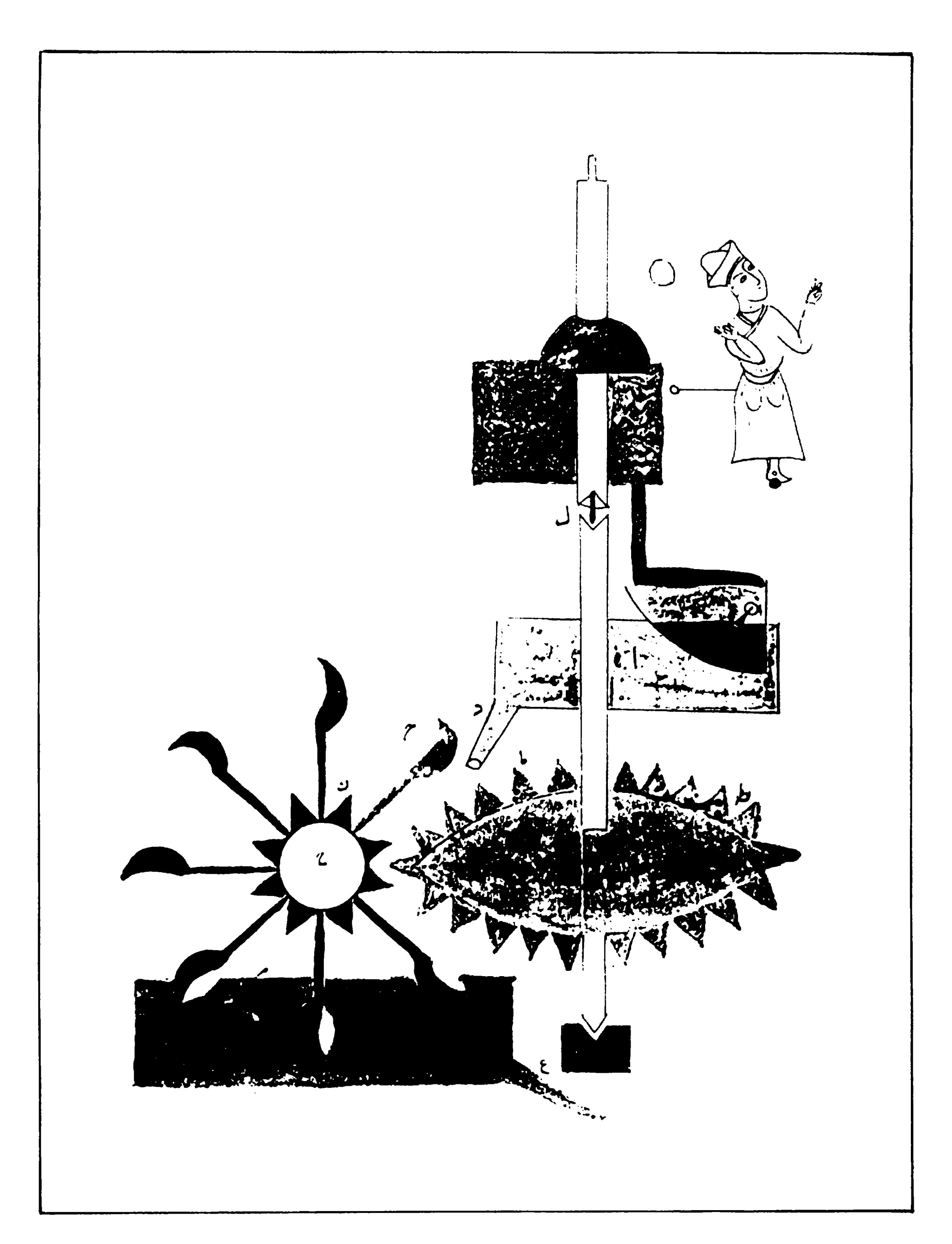
شكل (٩١)

الدولاب ذو الكفات كما ورد في ساعة الطواويس للجزري.



شكل (٩٢)

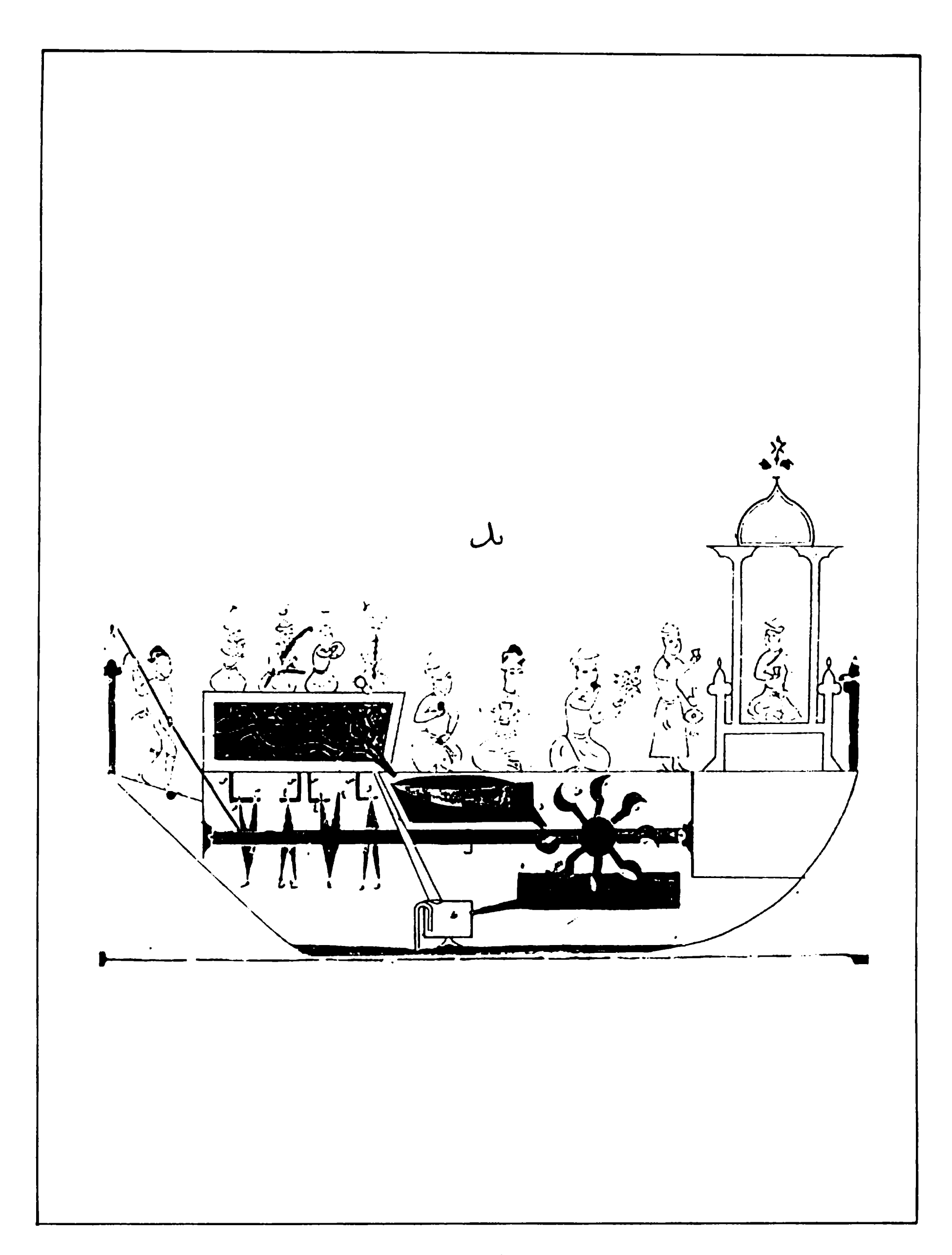
الدولاب ذو الكفات كما ورد في ساعة الطواويس للجزري.



شكل (٩٣)
ترتيبة لتقديم الشراب بطريقة آلية يديرها دولاب ذو كفات (الفصل الرابع من الشكل الثالث من النوع الثاني من أعمال الجزري).


الصغير وعليه دنداجات ثمان في حوض وطرفا المحور
على حافتي صورة منتصبة مفردة وصورة دولاب
الفارس بعيد عن مكانه مفرداً اوجب ان توضع دنداجات
بين الدنداجات الثماني وهو منبطح ومحوره منتصب
والحوض وفيه الكفه يكاد ظهر ارضه يماس دولاب
الفارس والانبوب الى الحوض مصبوب على الكفات
وعلى دولاب الكفات ن وعلى القرص على محوره ح وعلى
حوضه م وعلى دولاب الفارس ط وعلى المحالة من طرف
محوره ل وعلى حوض الكفه ا وعلى انبوب نصب على الكفات
د وعلى انبوب متصل باسفل حوض دولاب الكفات ع
وهذا صورة ما ذكرته
ل
ا

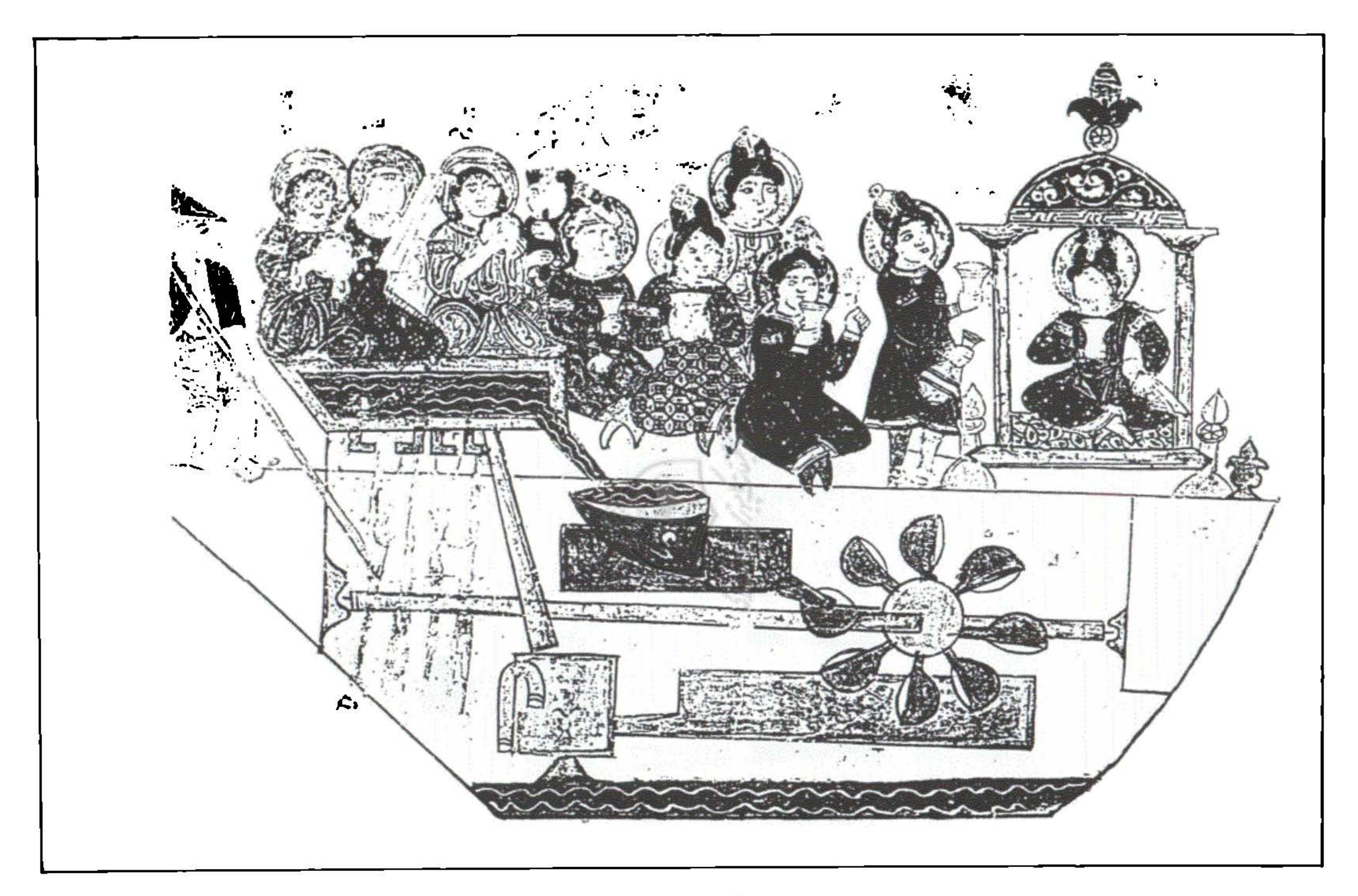
تابع شكل (٩٣) .



شكل (٩٤)

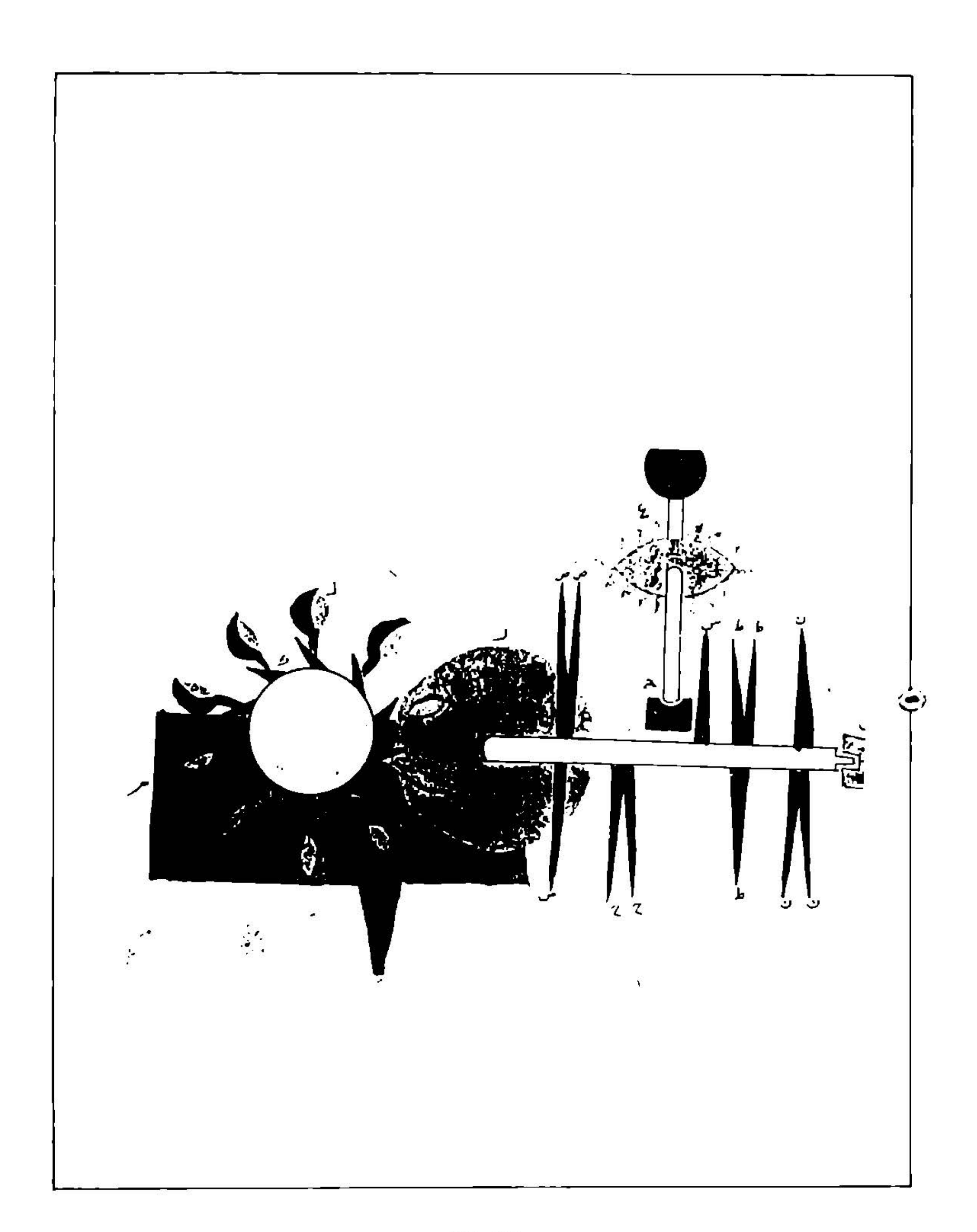
دولاب ذو كفات يعمل في زورق يوضع في بِرْكة في مجالس الشراب.

(الشكل الرابع من النوع الثاني من أعمال الجزري).

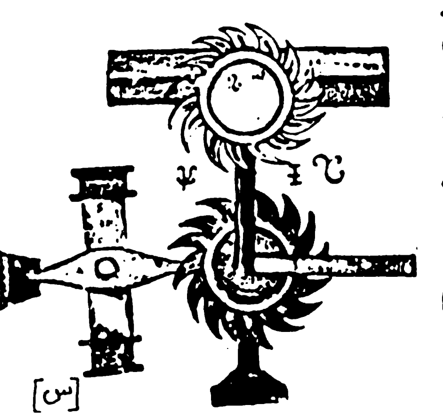


شكل (٩٥)

قارب يعمل بطريقة ميكانيكية، به مجلس شراب وموسيقى ـ من أعمال الجزري، ومن نسخ فاروق بن عبداللطيف الياقوتي المولوي في ٧١٥هـ = ١٣١٥م (عن قاعة فرير للفن ـ واشنطن).

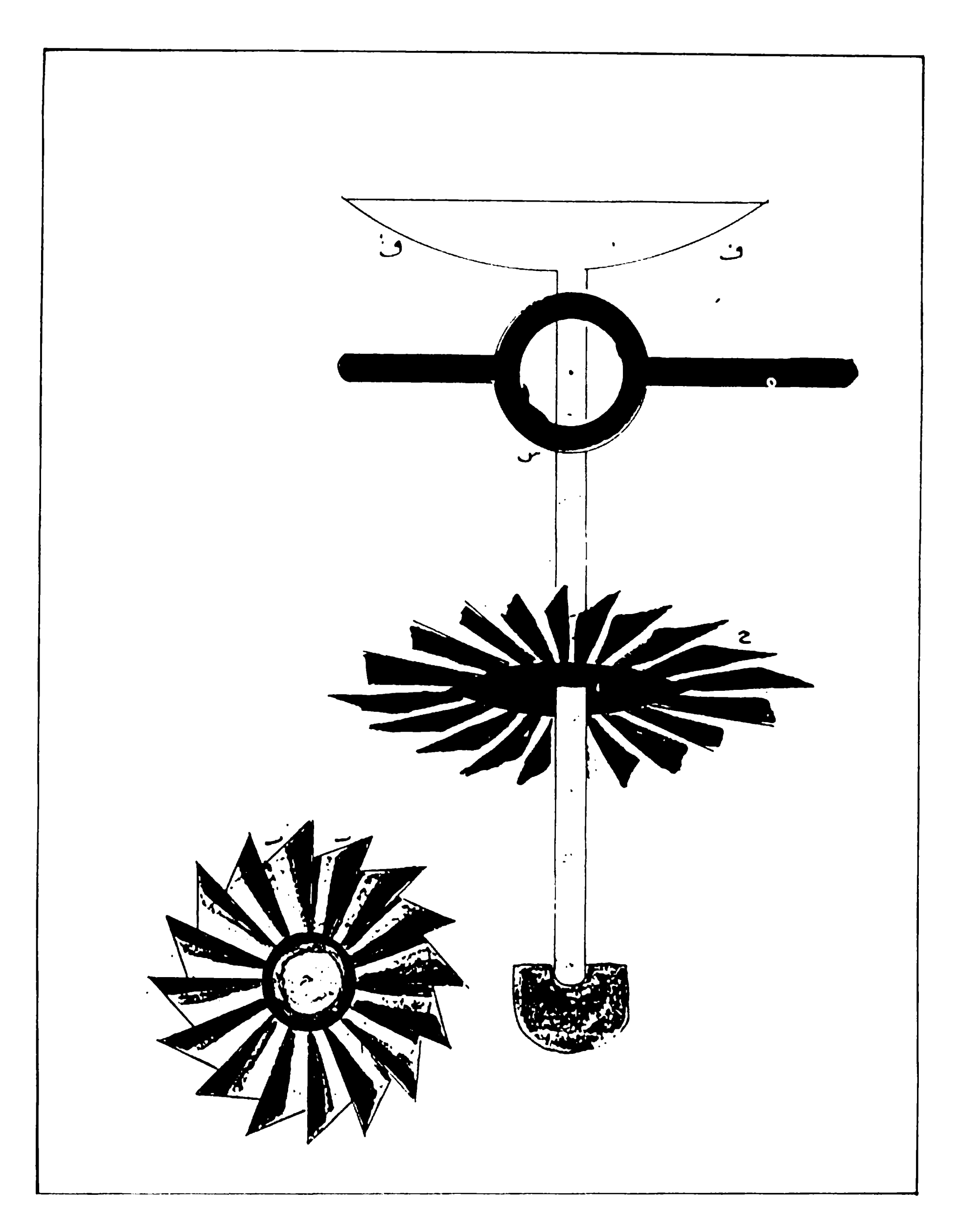


شكل (٩٦)
تفصيل عمود الدولاب ذي الكفات المركّب في زورق مجلس الشراب.
(من أعمال الجزري).



شكل (٩٧)

دولاب مائي ذو أجنحة (س) من أعمال الجزري كما ورد بمخطوط طوب كابي سراي باستانبول رقم: ٣٤٧٢.
(لاحظ العجلتين المسننتين).



شكل (٩٨)

عمود يحمل قرصا شكلت فيه ريشات محرفة، وبذلك يقوم بعمل دولاب الماء رد الفعلي (**Reaction-Type Water Wheel**) (القرص عن الفصل الثاني من الشكل الأول من النوع الثاني. والعمود عن الفصل الأول من الشكل الخامس من النوع الخامس من أعمال الجزري).

عن الضرب الأول يقول الجزري :

«والماء يدير الفرجات كالأرحاء، وهي في الطرف الأسفل من المحور، وهو يدور على سكرجة على ما جرت به العادة، وطرفه الأعلى يدور في حلقة ثابتة، وعلى نهاية هذا الطرف قرص مستدير الوجه . . » .

أما عن الضرب الثاني الذي يتخذ دواليب ذات أجنحة (موربة) فيقول الجزري في تشكيل القرص الخاص بها :

« . . ويُعلَّم على طرف القرص نحو من عشرين علامة، ويخط من كل علامة الى ناحية المركز خط، وتقطع الخطوط، وهذه صورة القرص، وقد قطع على الخطوط وصارت كالريشات، وعلى مركز القرص جـ، وعلى الريشات في أطرافها ب، ثم تحرف الريشات لتصير كسرن الرحا، فمتى صُبَّ شراب جرى على ريشات سرن ب فيدور السرن» .

الدولاب المدار بالغاز الساخن في أعمال ابن معروف

جاء تقي الدين محمد بن معروف بأول وصف لتربينة (عنفة) تدور تحت تأثير غازات ساخنة صاعدة، وذلك في معرض شرحه لآلة السيخ الذي يوضع فيه اللحم على النار فيدور بنفسه (الباب السادس من كتاب: الطرق السنية في الآلات الروحانية لابن معروف)[1] ، وقد أشار المؤلف الى هذه التربينة الغازية «بدولاب بفراشات» ، هذا ونورد فيما يأتي وصف هذه الآلة بلفظ ابن معروف :

الباب السادس

في عمل السيخ الذي يوضع فيه اللحم على النار، فيدور بنفسه من غير حركة حيوان، وهو قد عمله الناس على أنحاء شتى، منها أن يكون في طرفه دولاب بفراشات، ويوضع بحذاها إبريق من النحاس المفرغ المسدود الرأس، المملوء بالماء، ويكون بلبلته قبالة فراشات الدولاب، وتوقد تحته النار، فإنه يبرز البخار محصورا من البلبلة المذكورة فيديره، فإذا فرغ الماء من الابريق قرب اليه ماء بارد في إناء بحيث تغطس البلبلة فيه، فإنه يجتذب بحرارته جميع ما في الاناء من الماء، ثم يبدأ بدفعه.

وعملوه أيضا على حركة الدخان البارز من الأوجاق .

ورتبوا أيضا حركته على حركة ثقالة من الرصاص كما في السواقي التي تدور بالدولاب والرقاص.

غير أنه في سنة ثلاث وخمسين وتسعمائة[2] بدار الاسلام القسطنطينية العظمى فكرت أنا وأخي الأكبر في عمل ذلك على أسلوب غير هذه الأساليب، قابل للنقل والتحويل من جهة الى أخرى، غير متوقف على أمر خارج عن ذلك، كالابريق المذكور وما يحتاج اليه من الماء والنار، وكالدخان، والثقال الرصاص المعلق في جهة من البيت لا يمكن تحويله الى غيرها.

(١) الصفحات ٧٦ ـ ٧٩ من مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن بايرلنده .

(٢) سنة ٩٥٣هـ = ١٥٤٦م .

فعملنا قفصا مربعا ومستطيلا من الحديد، قائما على أربعة أرجل وفيه ثلاثة دواليب، وفي وسطه محور مربع بارز، وفي مقابلته محور آخر كذلك. فإذا أراد الانسان استعماله وضعه في أحد جوانب المنقل وأثبت طرف السيخ فيه، وأدار المحور الأول بمفتاح معدله عشرة دوارات أو أقل أو أكثر بحسب ما يقتضيه العمل وتركه، ابتدأ السيخ في الدوران، فيدور بكل دورة من الدورات التي أدرتها عشر دورات لا بالسريعة ولا بالبطيئة، بحيث إنها ما تنقضي الماء وقد استوى اللحم، وإن تخلف في الاستواء فتعيد الادارة بالمفتاح مرة أخرى. . ».

لعل وصف ابن معروف[1] هذا لتربينة (عنفة) رد فعليّة تعمل بالبخار أو بالغاز الساخن عموما هو أول وصف في الكتابات العربية لمثل هذه الألة المحركة، أورده سنة ١٥٥١م.

ويقتضينا الانصاف أن نشير هنا الى أن العالم الايطالي الفذ «ليوناردو دافينشي Leonardo da Vinci » (١٤٥٢ـ ١٥١٩م) كان قد وضع تخطيطا لترتيبة شواء للحم تشتمل على تربينة تعمل بالغازات الساخنة المتصاعدة والمصاحبة لعملية الشواء، شكل (٩٩)[2].

إنـه مع معـاصرة ابن معروف لليوناردو دافينشي، فقد أحرز ابن معروف سبقا كبيرا في توليد القدرة بتربينات (عنفات) البخار والغاز على مهندسي وعلماء الغرب ومنهم:

جيوفاني برانكا (Giovanni Branca)، الذي أنشأ تربينة بخار بدائية، تدير ماكينة، وذلك سنة ١٦٢٩م، أي بعد وصف ابن معروف للتربينة بنحو ثمانية وسبعين عاما.

كذا ولكنز Wilkins سنة ١٦٤٨م.

طواحين الهواء

هي دواليب تدار بتيار هوائي، وذلك بتسليط الريح على أشرعة مرتبة بطريقة شعاعية (أي قطرية) حول محيط الدولاب، فإذا وجه مسار الريح ليصدم الأشرعة صدما مباشرا كان الدولاب من النوع الدفعي، أما إن جرى ترتيب مسار الريح ليمر بين الأشرعة الموربة صار الدولاب من النوع رد الفعلي.

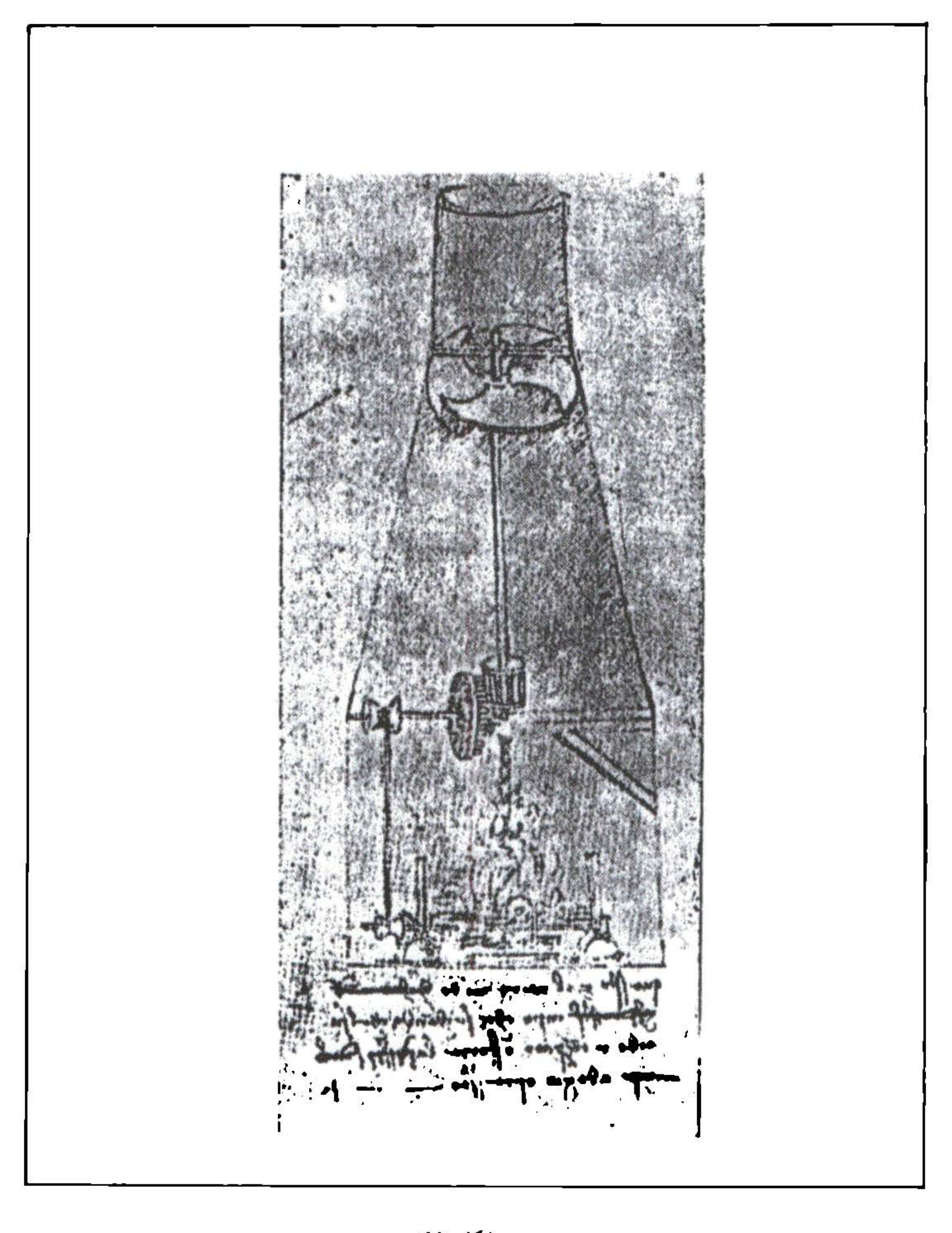
هذا وتستخدم مثل هذه الدواليب لادارة حجر الرحا الذي يقوم بطحن الغلال، ومن ثم تعرف هذه الدواليب بطواحين غلال تعمل بالهواء، أو باختصار «طواحين الهواء»، ويبين شكل (١٠٠) مثالين لطاحونة هواء من القرن ٨هـ = ١٤م ينسبان الى أحد الصناع يقال له الدمشقي[3].

---

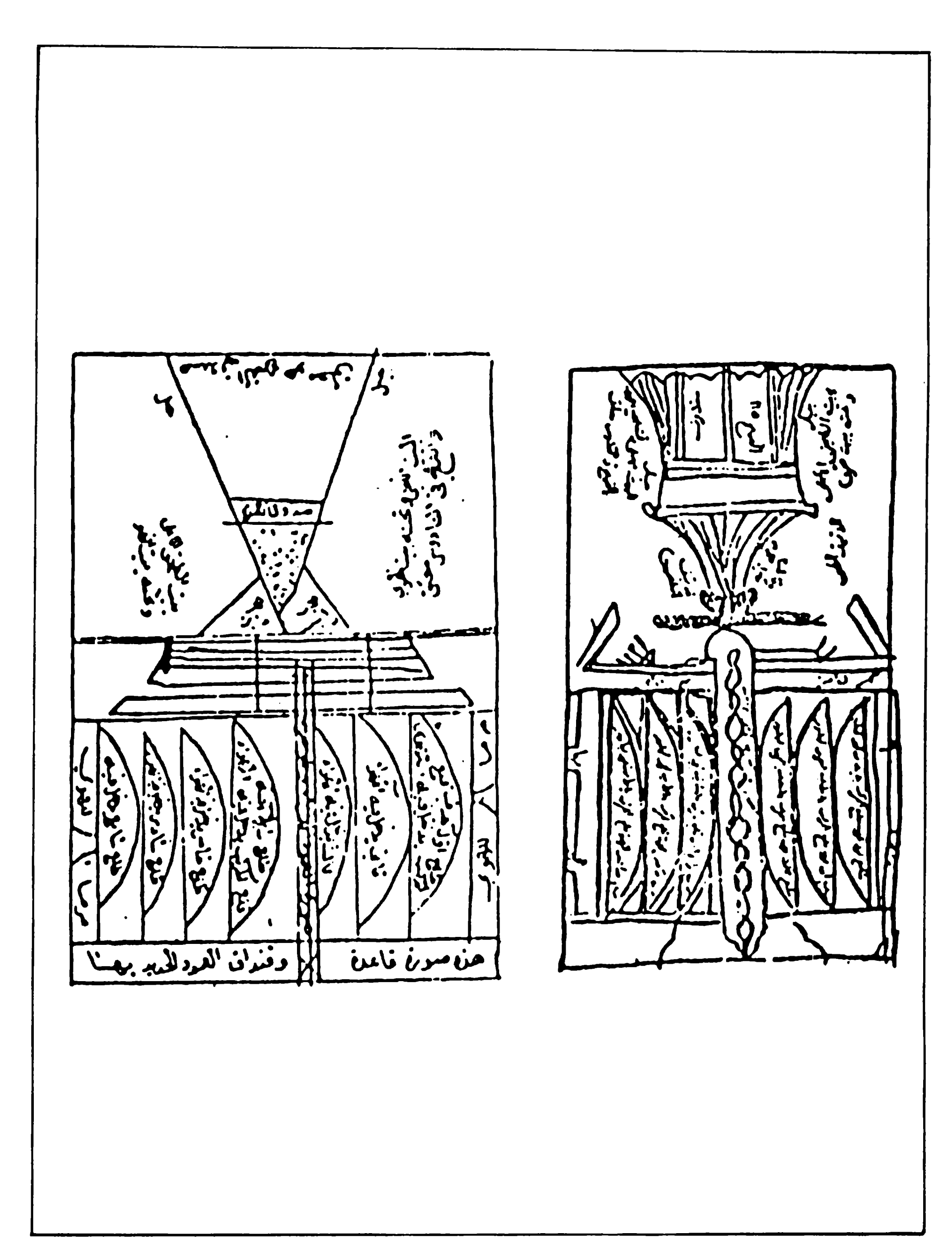
(١) توفي سنة ٩٩٣هـ = ١٥٨٥م.

(٢) راجع كتابنا: «عبقرية ليوناردو دافينشي في الهندسة»، نشر مكتبة الأنجلو المصرية بالقاهرة، سنة ١٩٦٤م، ويقع في ٣٠٦ صفحات، صفحة ١٥٥.

(٣) "History of Technology" By C. Singer et al., 5 Volumes, Oxford: 1954-8, Vol. 3.



شكل (٩٩)
تصميم ليوناردو دافنشي لجهاز شواء يشتمل على تربينة تعمل بالغازات الساخنة المتصاعدة.
(عن Cod. Atl., 5 v.a.)



شكل (١٠٠)

مثالان من طواحين الهواء في الحضارة الإسلامية ـ من رسم الدمشقي في القرن الثامن الهجري = القرن الرابع عشر الميلادي.

٢,٢٦ ـ آلات متنوعة

إنه فضلا عن الآلات الرئيسة التي وردت في أعمال العرب والمسلمين مما صح تصنيفه، فإن هناك عددا من الآلات المتنوعة التي لا تندرج تحت المجموعات التي جرى بيانها، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يأتي:

١ ـ آلات تعمل من تلقاء نفسها (Automata)، الأشكال (١٠١) الى (١٠٤)، من أعمال بني موسى بن شاكر.

٢ ـ آلات تعمل على أساس إمكان تحقق الحركة الدائمة:
(Perpetual Motion)، الأشكال (١٠٥) ـ (١٠٧).

٣ ـ آلات مهيأة لأغراض متنوعة مثل:

١,٣ ـ آلة للآبار، من أعمال بني موسى بن شاكر.

٢,٣ ـ آلة لانتشال الأشياء من البحر، شكل (١٠٨)، وهي من أعمال بني موسى أيضا.

٣,٣ ـ قفل من أعمال الجزري، شكل (١٠٩).

٤,٣ ـ مسننة وطارح، أو مسنن وسقاطة (Pawl and Ratchet) (حركة رحويّة) من أعمال تقي الدين بن معروف، شكل (١١٠).

٥,٣ ـ آلة شد القوس والنُشاب، شكل (١١١).

٦,٣ ـ آلية إحداث الحركة والصوت على تماثيل تتحرك مع ساعة مائية، شكل (١١٢).

٤ ـ تشكيل المعادن بالصهر والصب (Melting & Casting)، من أعمال الجزري، شكل (١١٣).

آلات تعمل من تلقاء ذاتها في أعمال بني موسى

الحيلة

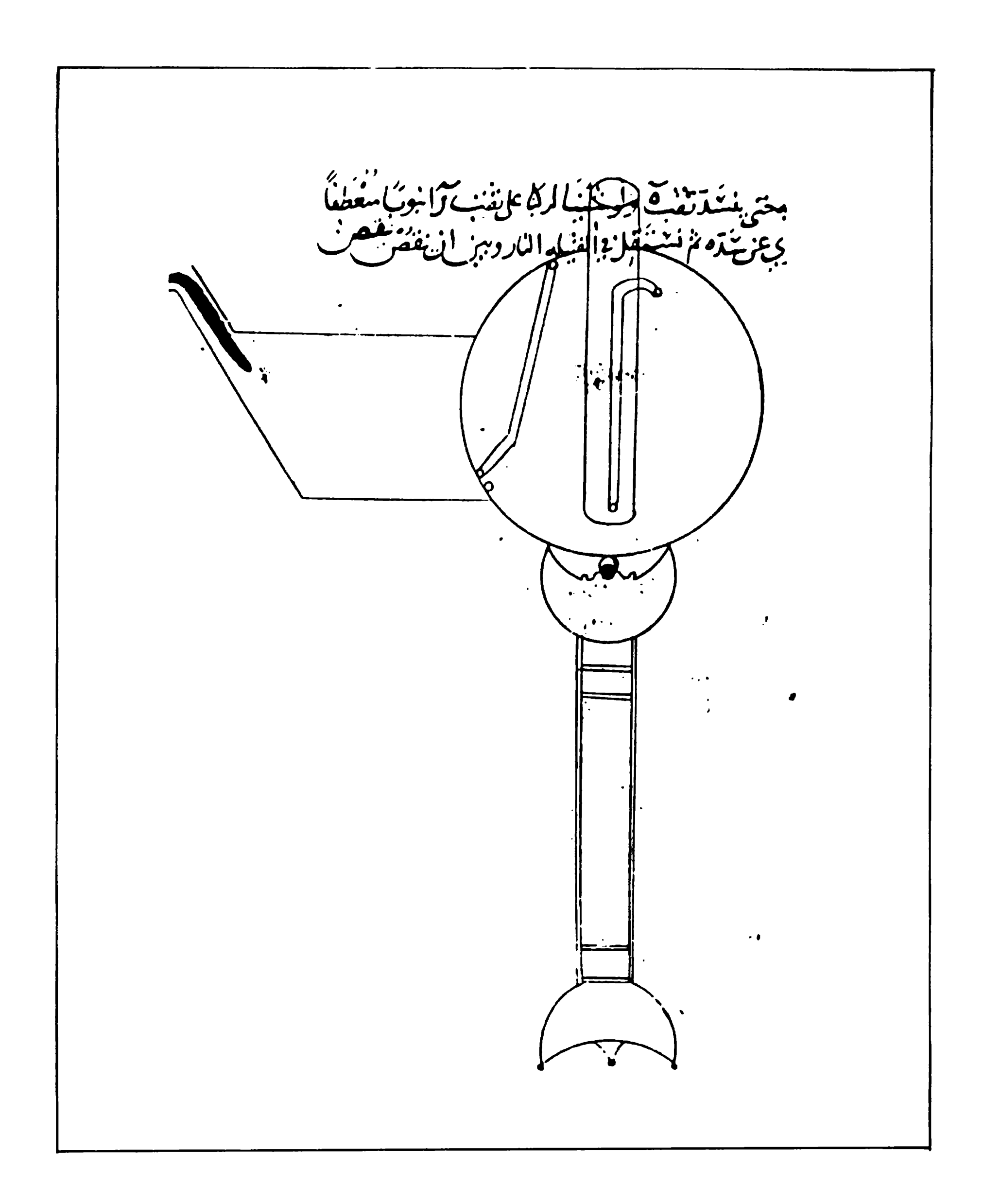
أسرجة

٩٥ عمل سراج يصب فيه الزيت فلايزال أبدا مملوءا، وكلما نقص منه شيء عاد اليه مثله، ولايزال الدهن كله مملوءا لا ينقص، ومن يراه يظن أن النار ليست تأخذ من الزيت، شكل (١٠١).

٩٦ عمل سراج يخرج الفتيلة لنفسه، شكل (١٠٢).

٩٧ عمل سراج يخرج الفتيلة لنفسه، ويصب الزيت لنفسه، وكل من يراه يظن أن النار لا تأكل من الزيت ولا من الفتيلة بتة، ويعرف هذا السراج بسراج الله، شكل (١٠٣).

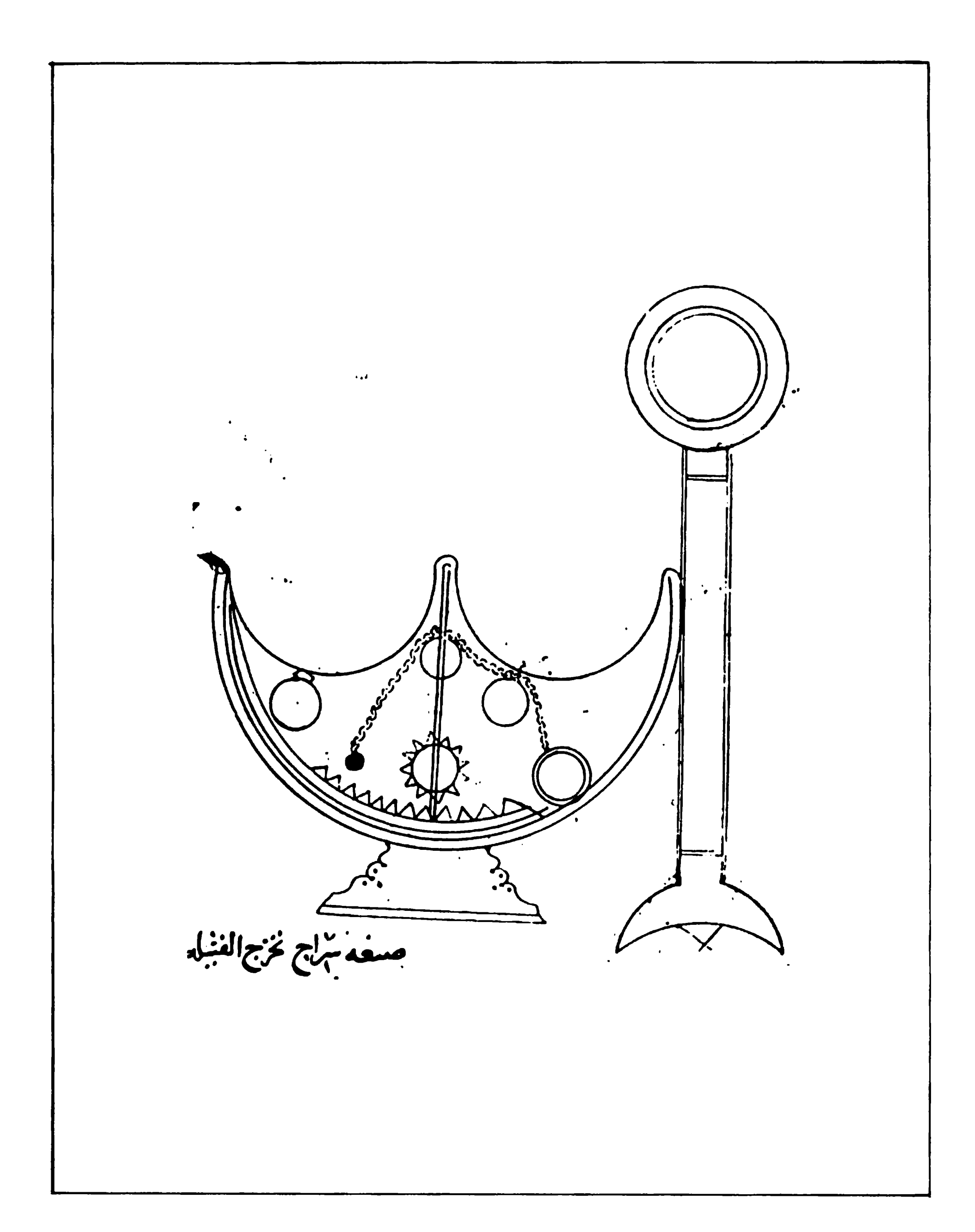
٩٨ عمل سراج اذا وضع في الريح العاصف لا ينطفيء، شكل (١٠٤).



شكل (١٠١)

الحيلة (٩٥) من حيل بني موسى بن شاكر، ومنطوقها: «صنعة سراج يصب فيه فلايزال أبدا مملوا، وكلما نقص منه شيء عاد اليه مثله، ولايزال الدهن كله مملوا لا ينفض، ومن يراه يظن أن النار ليست تأخذ من الزيت».

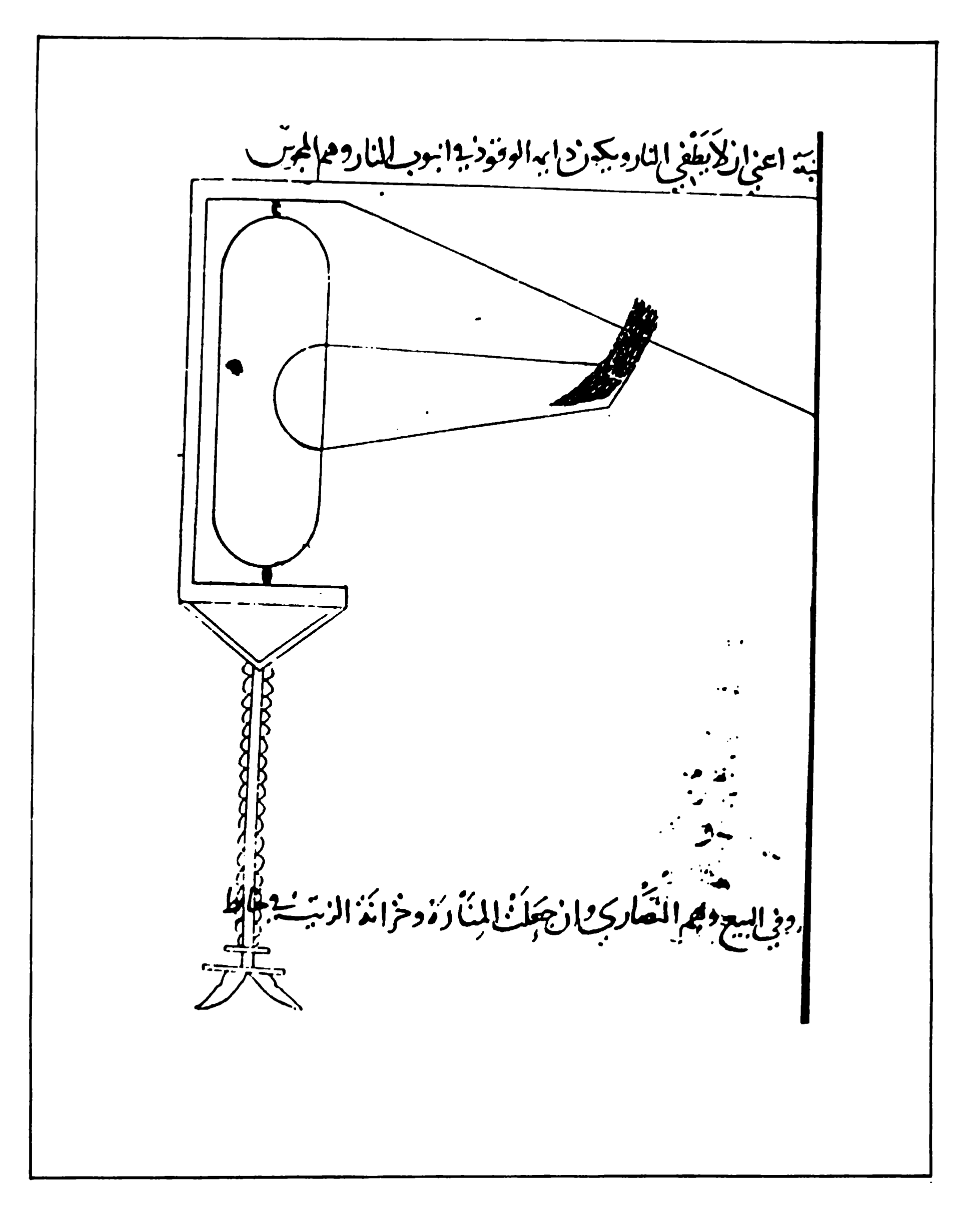
(عن مخطوط برلين ـ فهرس ألواردت ـ رقم: ٥٥٦٢، الصفحات: 67.B - 68.B).



شكل (١٠٢)

الحيلة (٩٦) من حيل بني موسى بن شاكر، ومنطوقها: «صنعة سراج يخرج الفتيلة لنفسه».

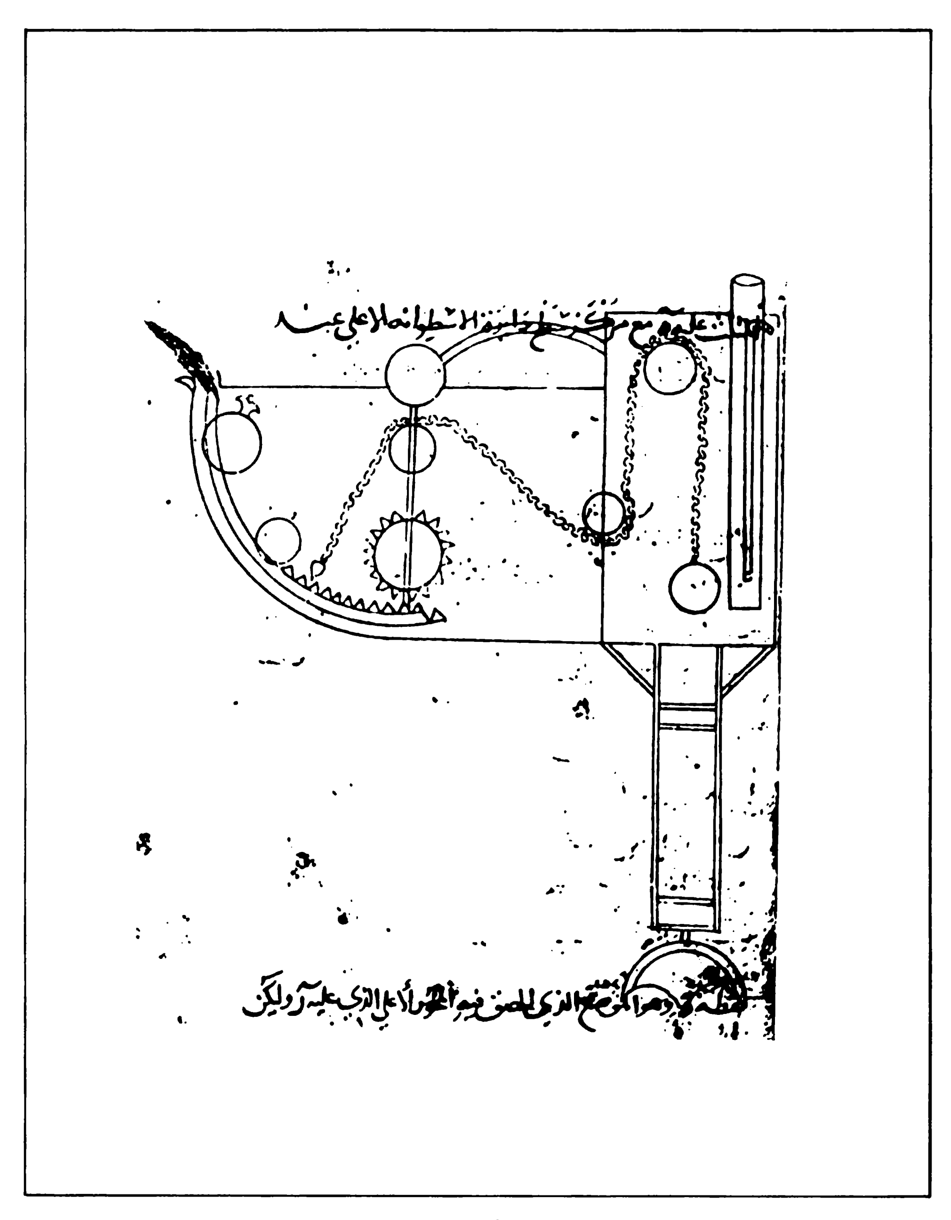
(عن مخطوط برلين ـ فهرس ألواردت ـ رقم: ٥٥٦٢، الصفحات: 68.B - 69.B).



شكل (١٠٣)

الحيلة (٩٧) من حيل بني موسى بن شاكر، ومنطوقها: «صنعة سراج يخرج الفتيلة لنفسه، ويصب الزيت لنفسه، وكل من يراه يظن أن النار لا تأكل من الزيت ولا من الفتيلة شيئا بتة ويعرف هذا السراج بسراج الله».

(عن مخطوط برلين ـ فهرس ألواردت ـ رقم: ٥٥٦٢، الصفحات: 69.B الى 71.B).



شكل (١٠٤)

الحيلة (٩٨) من حيل بني موسى بن شاكر، ومنطوقها: «صنعة سراج اذا وضع في الريح العاصف لا ينطفيء»

(عن مخطوط برلين ـ فهرس ألواردت ـ رقم: ٥٥٦٢، الصفحات: 71.B - 72.B).

آلات تعمل من تلقاء نفسها في مجموع مخطوط بمكتبة لورنزيانا

يشتمل مجموع مخطوط بمكتبة لورنزيانا بفلورنسا بإيطاليا:

"Biblioteca Medicea Laurenziana", Florence, MS No.: Or. 152.

على كتاب بعنوان:

«هذا كتاب الدواليب والأرحا والروايس المتحركة [من تلقاء] ذاتها».

ويقع المجموع في ١٥٠ ورقة، يشغل منها كتاب الدواليب الصفحات ٨١ ـ ٩٠، كتبت بخط مغربي وسط، وتخلو هذه النسخة من أية رسومات، ونبين فيما يأتي افتتاحيات الحيل السبع عشرة الواردة في هذا المخطوط:

رقم مسلسل	صفحة المخطوط	الافتتاحية
١	٨١ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دولابا ترفع به من الما ما بين عشرة أذرع الى مائة ذراع . . .
٢	٨٢ ـ أ	ـ وإذا أردت أن تعمل دولابا طريفا يرفع الما به عشر أذرع برجل واحد.
٣	٨٢ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة تدور من تلقا نفسها.
٤	٨٢ ـ ب	ـ وإذا أردت أن تحبسها فاجعل لها ثقبا.
٥	٨٣ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة تدور قائمة من تلقا نفسها.
٦	٨٣ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة تدور من تلقا نفسها.
٧	٨٤ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل دولابا طريفا تسقي برجل ماء كثيرا غزيرا، فاتخذ حوضا طوله خمسة أشبار.
٨	٨٤ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة يديرها رجل، فتريد غرابين قوة كل غراب.
٩	٨٥ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل دلوا يحمل من الماء ألف رطل بلا مشقة، يرفعه رجل عشرة أذرع بلا مشقة.
١٠	٨٥ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دولابا يسقي به رجلان بأهون السعي.
١١	٨٦ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل قناة تستخرج بها من أي شيت ماء دايما لا ينقطع، فاتخذ قناة دقيقة، يكون عرضها أربع أصابع مضمومة أو أقل من ذلك.
١٢	٨٦ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة تدور من تلقاء نفسها فتدير دولابا يسقي خمسين جريبا[1] في اليوم، فاعمل دايرة مجوفة من نحاس.
١٣	٨٧ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة أرحى تدور.

(١) في «لسان العرب» دار صادر ـ ١ : ٢٦٠ : الجريب من الطعام والأرض: مقدار معلوم، وقال الأزهري: الجريب من الأرض مقدار معلوم الذراع والمساحة. . وقال أيضا: «والجريب مكيال قدر أربعة أقفزة (والقفيز ثمانية مكاكيك = ١٢ صاعا، أي حوالي ٤٥كجم قمح، أو ستين لترا) (راجع كتاب «المكاييل في صدر الاسلام» للدكتور سامح عبدالرحمن فهمي، نشر المكتبة الفيصلية بمكة المكرمة، سنة ١٤٠١هـ = ١٩٨١م، صفحة ٣٨).

وفي المعجم الذهبي لمحمد التونجي، صفحة ٢٠٢: جريب (معر: كريب) مساحة من الأرض تعادل عشرة آلاف متر مربع.

١٤	٨٧ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دلوا يسع خمس مائة رطل يسقي به رجل واحد فيرفع الما به الىماية ذراع في طرفة عين.
١٥	٨٨ ـ أ	ـ إذا أردت أن تعمل دايرة تدور من تلقا نفسها فتسقي ما بين الخمسين جريبا الى الألف جريب، وتدير ما بين خمس الى عشرين رحى، فاتخذ دايرة من خشب صلب.
١٦	٨٨ ـ ب	ـ إذا أردت أن تعمل دائرة تدور من تلقا نفسها، فتسقي بها في اليوم ثلاثين جريبا بمرونة حقيقية إن شاء الله، فاتخذ دايرتين من خشب صلب عرض كل واحد خمسة أشباب في مثلها، وركبهما على قطب واحد.
١٧	٨٩ ـ أ	ـ باب حبس الدواير التي تقدم ذكرها جميعا.

يتضح من هذا العرض أن هذه الدواليب والدواير التي تتحرك من تلقاء ذاتها تختص بحيل رفع الماء الى جهة العلو.

آلات لاحداث الحركة الدائمة

إن فكـرة إمكـان إحداث الحركة الدائمة (Perpetual Motion) قد شغلت أذهان علماء العرب والمسلمين ومهندسيهم في العصر الوسيط، فظهرت عدة ترتيبات في هذا المجال.

منها ما جاء بالمخطوط رقم: ٩٥٤ بمكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد، كذا بمخطوطي جامعة إستانبول (سابقا: Hagia Sophia):

رقم: As ad 1884

ورقم: As 2755

ولقد حسم الشيخ الرئيس ابن سينا (٣٧٠ـ ٤٢٨هـ) = (٩٨٠ ـ ١٠٣٧م) هذا الأمر بتقريره باستحالة الحركة الدائمة[1]، حيث يقول في كتابه:

«الاشارات والتنبيهات»:

«لا يجوز أن يكون في جسم من الأجسام قوة طبيعية تحرك ذلك الجسم بلا نهاية».

وبذلك يكون ابن سينا قد حقق سبقا كبيرا على علماء الغرب، ومنهم ليوناردو دافينشي بنحو أربعة قرون.

كذلك يقول أبوالبركات هبة الله بن ملكا البغدادي[2] (المتوفى سنة ٥٤٧هـ = ١١٥١م) في معرض حديثه عن فناء القوة بالمعاوقات: «والقوة بنفسها لا تبطل ولا تفنى، وإنما يبطلها في الملاء مصادمة ما يلاقيها

---

(١) راجع كتابنا: «تراث العرب في الميكانيكا»، نشر عالم الكتب بالقاهرة، سنة ١٩٧٤م، ويقع في ١١١ صفحة، صفحة ٩٩.

(٢) صاحب كتاب «المعتبر في الحكمة».

في مسافتها من معاوق بعد معاوق، فيضعفها حتى تفنى، وليس ذلك في الخلاء».

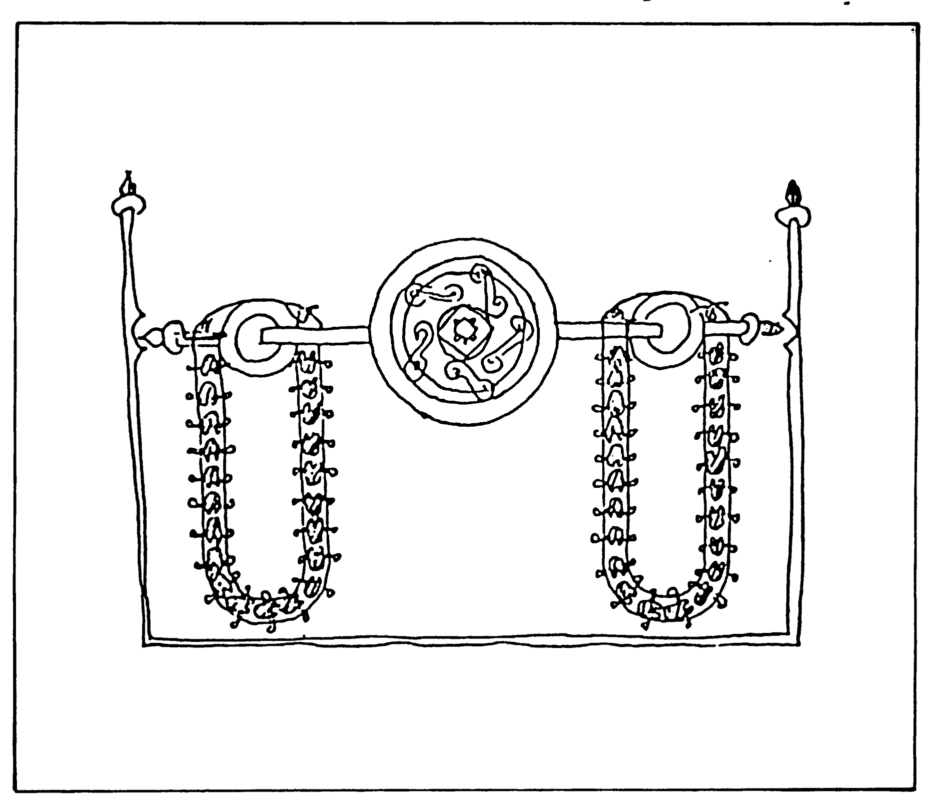
هذا وتعرض الأشكال (١٠٥) الى (١٠٧) مجموعة من الترتيبات المعتمدة على إمكان تحقق الحركة الدائمة، وهي كما أسلفنا فكرة سيطرت على أذهان كثير من العلماء والفنيين في العصر الوسيط، وقد سبق الى دحضها علماء العرب والمسلمين كما تقدم إثباته.

حيل متنوعة في أعمال بني موسى بن شاكر

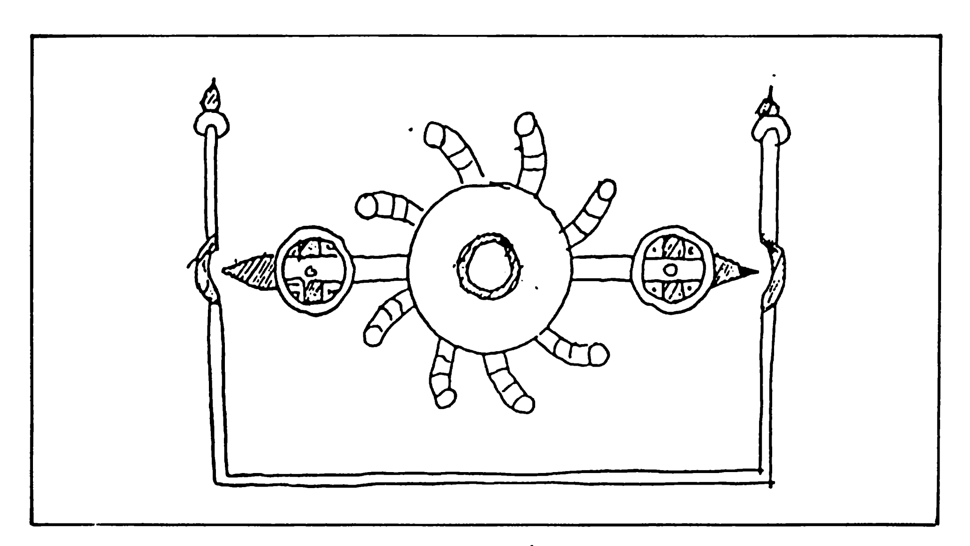
الحيلة

٩٩ ـ عمل آلة الآبار التي تقتل من ينزل فيها، إذا استعملها الانسان في أي بئر شاء فلا يقتله ولا يؤذيه.

١٠٠ ـ عمل آلة يخرج بها الانسان من البحر الجوهر إذا سرَّحها، ويخرج بها الاشياء التي تقع في الآبار وتغرق في الأنهار والبحار، شكل (١٠٨).

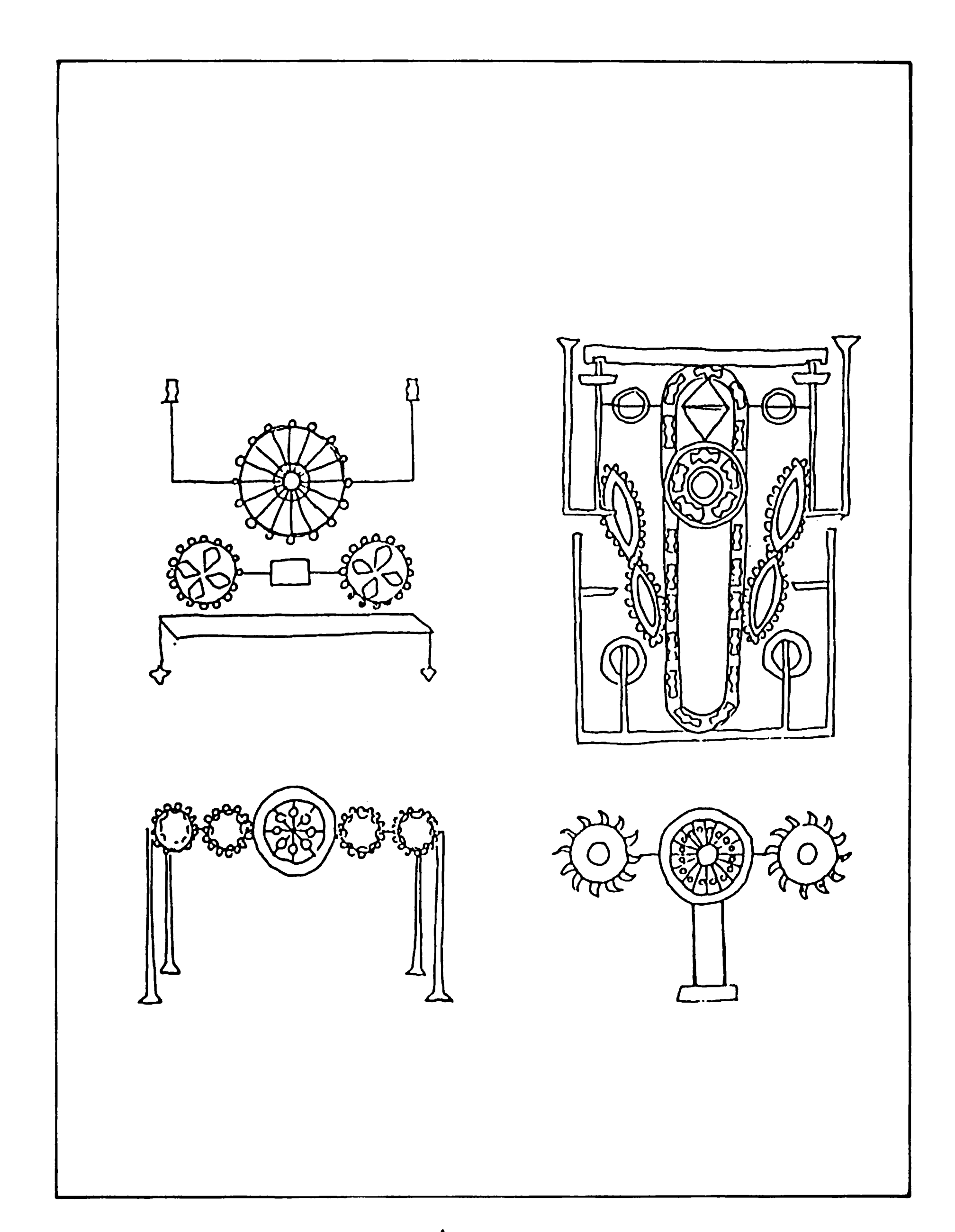


شكل (١٠٥) أ:
الحركة مُسخَّرة لرفع الماء بواسطة قواديس مثبتة في سلسلة (رتجير).



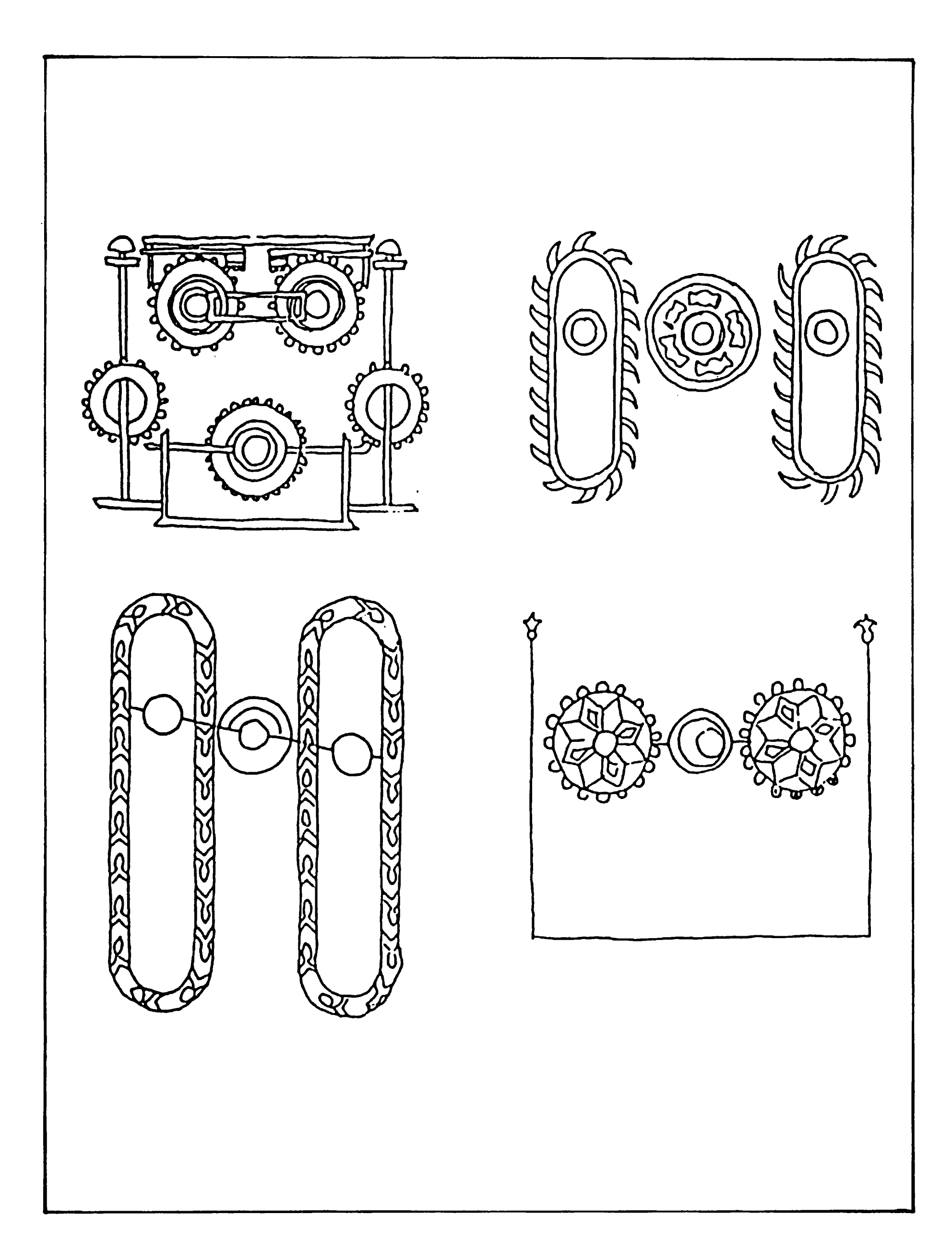
شكل (١٠٥)ب:
ترتيبة ذات دولاب، تعمل بالزئبق.

شكل (١٠٥)جـ:
ترتيبة تتكون من ثلاث عجلات مسننة وسلسلتين.



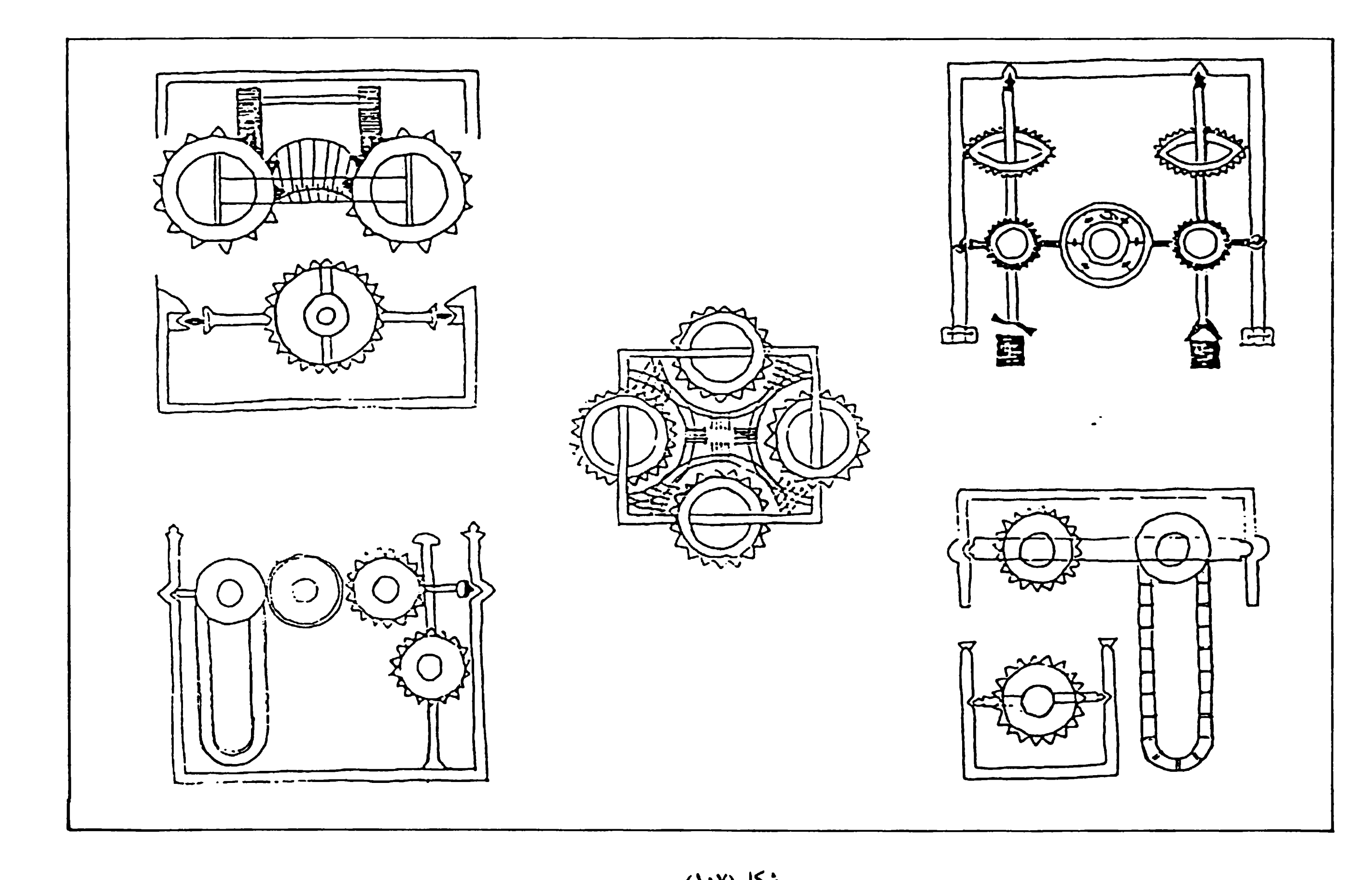
شكل (١٠٦) أ:

- ترتيبات قائمة على فكرة الحركة الدائمة، كما وردت بمخطوط جامعة استانبول (سابقا Hagia Sophia: As ad. 1884)



شكل (١٠٦)ب:

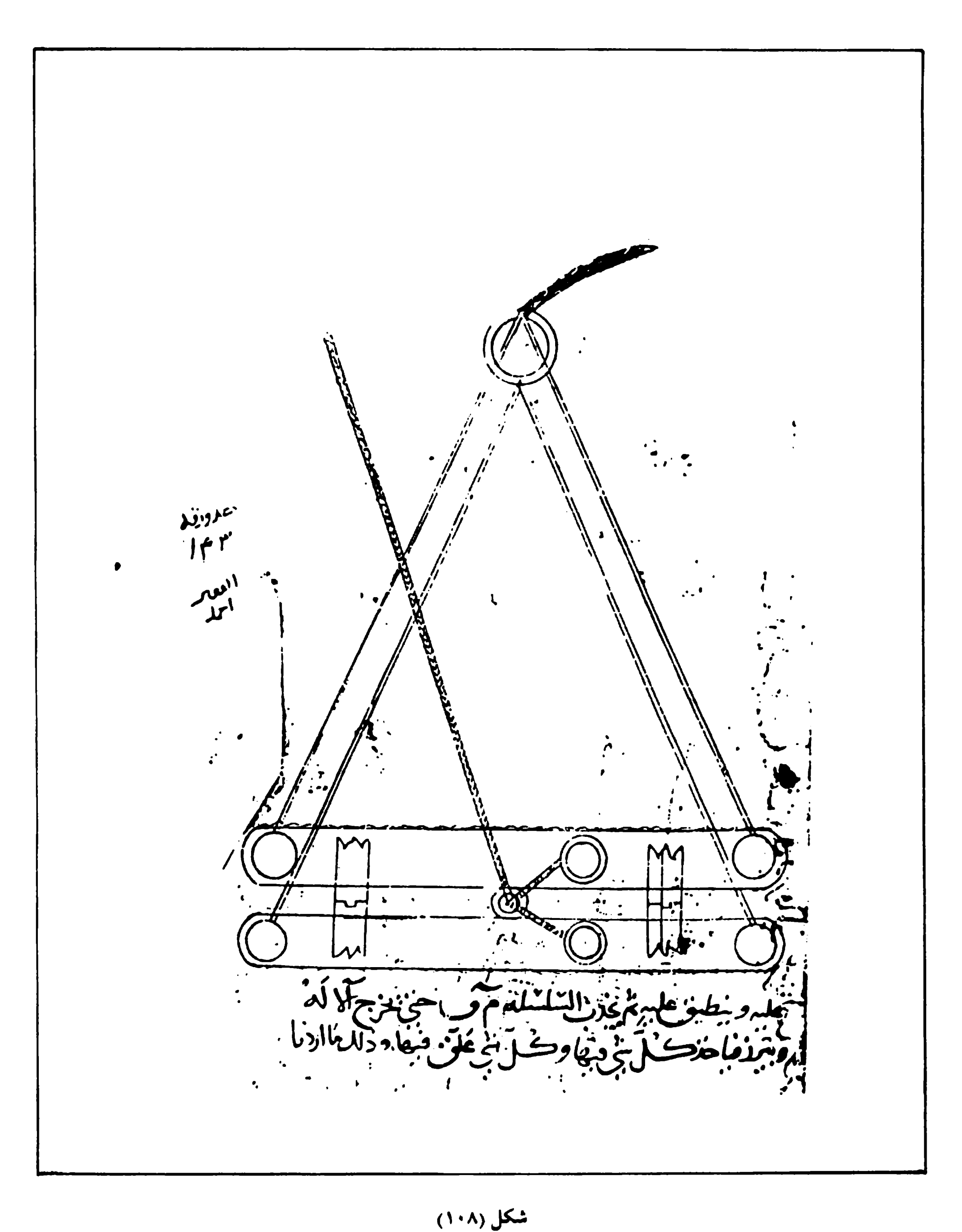
(الأشكال مجهزة بطريقة تخطيطية عن الأصل)



شكل (١٠٧)

تخطيط خمس ترتيبات تؤدي حركات دائمة ، وتتركب من دواليب ومسننات وسلاسل لرفع المياه ، وقد وردت في مخطوط جامعة استانبول (سابقا : Hagia Sophia 2755)

(أخذت الأشكال بطريقة تخطيطية عن المتن)



شكل (١٠٨)

الحيلة (١٠٠) من حيل بني موسى بن شاكر، ومنطوقها: «نريد أن نبين كيف نعمل آلة يخرج بها الانسان من البحر الجوهر إذا سرّحها، ويخرج بها الاشياء التي تقع في الآبار، وتغرق في الأنهار والبحار».

(عن مخطوط برلين ـ فهرس ألواردت ـ رقم: ٥٥٦٢، الصفحات: 73.B الى 74.B .

أدوات متنوعة في أعمال الجزري

يشير الجزري في النوع السادس من الحيل الهندسية الى «أجهزة غير متشابهة» منها:

١ ـ باب من الشبه المصبوب لدار الملك بمدينة آمد، مع بيان وصفه العام، وكيفية عمل الشبكة، كذا كيفية عمل الحاشية.

٢ ـ آلة يستخرج بها مركز نقط ثلاث مجهولات الأماكن، كما يستخرج بها زوايا مختلفة.

٣ ـ قفل يقفل على صندوق بحروف اثنى عشر من حروف المعجم.

٤ ـ إغلاق أربعة على ظهر باب واحد.

قفل يعالج بحروف المعجم

يبين شكل (١٠٩) قفلا من أعمال الجزري يقفل على صندوق بحروف اثنى عشر من حروف المعجم، ويدل هذا العمل ـ كذا الأعمال الأخرى ـ على تمكن الجزري وتميزه وسبقه وطول باعه في إنشاء الآليات، وإحداث الحركات والتحكم فيها.

تشكيل المعادن بالصب

يبين شكل (١١٣) أحد مصراعي باب لدار الملك بمدينة آمد، قام بتصميمه وتنفيذه بديع الزمان الجزري، ويتكون وسط المصراع من شبكة من خيطين خيط مسدس وخيط مثمن، تحيط به كتابة بخط كوفي مدمج الحروف ثم زخارف نباتية وهندسية.

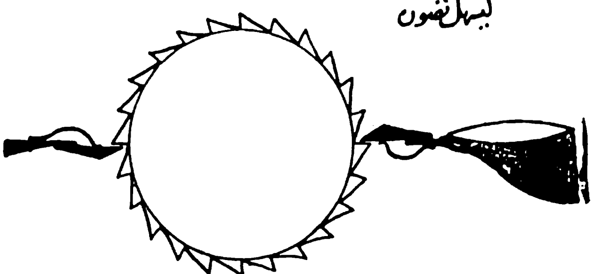
ويشير الجزري الى كيفية صنع هذا الباب مستخدما طريقة الصب في الرمل (Sand Casting)، كذا طريقة الشمع المزاح أو المفقود (Lost Wax Method)، ويبدو ذلك جليا في النص الآتي:

« . . . ثم انني وضعت بين هذه الأوراق أوراقا من شمع على مثالها، لا ينقص عنها ولا يزيد، وضعا محققا، فتشابكت القضبان بعضها ببعض في أماكن متقابلة، ورؤوس الأوراق في أماكن متقابلة.

ثم انني جعلت ذلك في آلة عظيمة من آلات الصب في رمل، فانختم، ثم قطعتُ أوراق الشمع من بين أوراق الشبه وما فوقها، وأذبت ما تحتها بالنار، فخلا مكان الشمع، وأفرغتُ مكانه نحاسا أحمراً. . ».

شكل (١٠٩)
مخطط لقفل صندوق يعالج بحروف المعجم، وهو من أعمال الجزري.
(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد - مجموعة جريفز ٢٧).

وإذا ادير غلاف التوالي منعته وهذه صورة ذلك مع الدولاب
ليسهل تصوره



وإذا انتهيت الى هنا وركبت هذه الصفيحة على كوة بمقدارها
واحكمت هذه الدواليب في قفاها جعلت فوق النصف طرجهار
حوضا من الماء وفي اسفله ثقب فوقه محكم مدرج بحيث انه كلما
في ساعة حصل المقصود **الفصل الثالث**
في عمل بنكام السراج وهذه آلة لطيفة وتوقيتها امر قريب
وهو علبة من النحاس مغطاة بصفيحة مقسوم محيطها باثني عشر
ساعة وفوقها شخص جالس بيده قلم وباسفلها انبوب كأنه السراج
وفيه فتيلة وزيت اذا اشعلت الفتيلة ومضى من شعلها ساعة
تحرك الشخص على ساعة ولا يزال يدور الى فراغ الاثني عشر ساعة
وطريق عمله ان تعمل الى صفيحة من النحاس الاصفر فتلفها كهيئة علبة

شكل (١١٠)
مسنن وسقاطتان من أعمال تقي الدين بن معروف في كتابه «الطرق السنيّة في الآلات الروحانية»
(عن مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن ـ ابرلندا، رقم: ٥٢٣٢، صفحة ٢١).



شكل (١١١)

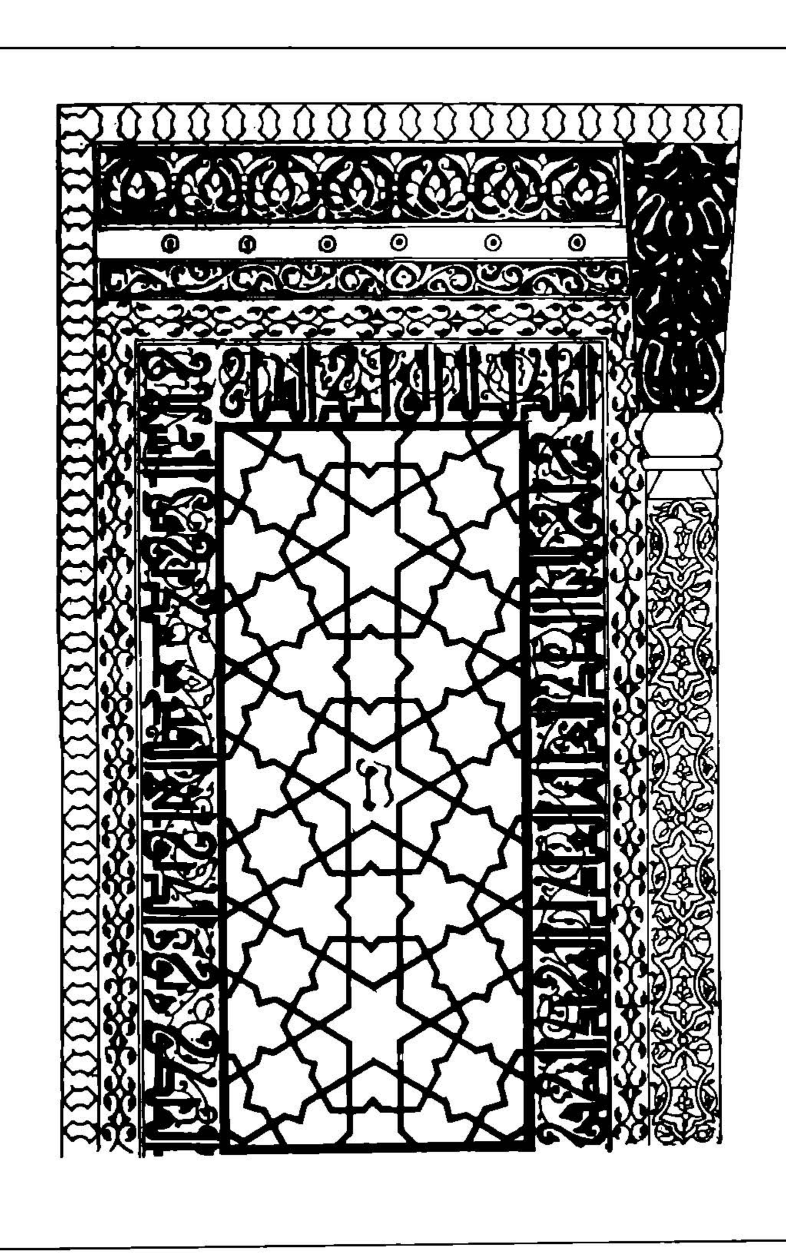
أداة ميكانيكية لحني القوس كما وردت في رسالة عن الأسلحة كتبها الطرسوسي (القرن ٦هـ = ١٢م) برسم صلاح الدين الأيوبي (عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد - مجموعة هنتجدن ٢٦٤ (Huntingdon 264).



شكل (١١٢)

ترتيبة لاضفاء الحركة والصوت على تماثيل تتحرك على أنغام ساعة مائية ـ من أعمال الجزري.

(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ مجموعة جريفز ـ ٢٧).



شكل (١١٣)

مصراع باب من الشُبه المصبوب ـ من أعمال الجزري.

(عن مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ مجموعة جريفز ـ ٢٧).

مخطوطات عربية في حيل وآلات متنوعة

«كتاب الحيل والأمور العجيبة في عمل آلات الماء»

لمؤلف غير معروف.

ـ مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول ـ رقم: ٣٤٧٤، ويقع في ٨٥ ورقة، كتب في القرن ٧هـ أو القرن ٨هـ تقريبا.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٦ ـ صناعات.

«مقدمة لصنعة آلة تعرف بها الأبعاد»

لأبي سعيد السجزي (نبغ في حدود ٣٥٨هـ = ٩٦٩م).

ـ مخطوط مكتبة جامعة كولومبيا (Columbia) بالولايات المتحدة الأمريكية ـ رقم: MS. Or. 45 ضمن مجموعة نفيسة تشتمل على ١٨ رسالة، الرسالة الحادية عشرة. كتب المجموع بخط من خطوط القرن ٧هـ = القرن ١٣م.

«كتاب المبادىء والغايات في وضع جميع الآلات»

لأبي نصر السموأال بين يحيى بن عباس المغربي الشهير بالمنصوري، تم تأليفه سنة ٥٦١هـ = ١١٦٥م.

ـ مخطوط مكتبة بودليانا بجامعة أكسفورد ـ رقم: ٩٦٤، ويقع في ٩٧ ورقة، مجموعة (Hunt. 539)، ويرجع تاريخ نسخ المخطوط الى سنة ٩٨٨هـ = ١٥٨٠م.

«كتاب النباه في علم المياه»

لمحمد بن حسين العطار.

ألفه سنة ١٢١٢هـ = ١٧٩٧م.

ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: فلك ورياضة ـ ك ٤١٥٩ (٣)، الرسالة الثالثة ضمن مجموع، الصفحات: ٦٤/أ ـ ٨٢/ب، كتبت بخط نسخي رديء سنة ١٢١٢هـ = ١٧٩٧م.

٢٧, ٢ ـ الآلات الرَّصْدية

عن علم الآلات الرصدية يقول حاجي خليفة[1]:

«ذكره [المولى أبوالخير] من فروع الهيئة،

وقال: هو علم يتعرف منه كيفية تحصيل الآلات الرصدية قبل الشروع في الرصد، فإن الرصد لا يتم إلا بآلات كثيرة،

وكتاب الآلات العجيبة للخازني يشتمل على ذلك، انتهى».

---

(١) كتاب «كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون» ـ ١: ١٤٥.

ويستطرد حاجي خليفة قائلا:

«قال العلامة تقي الدين الراصد[1] في «سدرة منتهى الأفكار»:

والغرض من وضع تلك الآلات تشبيه سطح منها بسطح دائرة فلكية ليمكن بها ضبط حركتها، ولن يستقيم ذلك ما دام لنصف قطر الأرض قدر محسوس عند نصف قطر تلك الدائرة الفلكية إلا بتعديله بعد الاحاطة باختلافه الكلي، وحيث أحسسنا بحركات دورية مختلفة وجب علينا ضبطها بآلات رصدية تشبهها في وضعها لما يمكن له التشبيه، ولما لم يكن له ذلك بضبط اختلافه، ثم فرض كرات تطابق اختلافاتها المقيسة الى مركز العالم تلك الاختلافات المحسوس بها إذا كانت متحركة حركة بسيطة حول مراكزها، فبمقتضى تلك الأغراض تعددت الآلات.

والذي أنشأناه بدار الرصد الجديد هذه الآلات منها:

اللبنة..

ومنها الحلقة الاعتدالية..

ومنها ذات الأوتار..

ومنها ذات الحلق..

ومنها ذات السمت والارتفاع.. وهذه الآلة من مخترعات الرصاد الاسلاميين،

ومنها ذات الشعبتين..

ومنها ذات الجيب..

ومنها المشبهة بالمناطق، قال وهي من مخترعاتنا، كثيرة الفوائد في معرفة ما بين الكوكبين من البعد..

ومنها الربع المسطري،

وذات الثقبتين،

والبنكام الرصدي، وغير ذلك.

وللعلامة غياث الدين جمشيد[2] رسالة فارسية في وصف تلك الآلات سوى ما اخترعه تقي الدين[3].

واعلم أن الآلات الفلكية كثيرة، منها الآلات المذكورة، ومنها السدس الذي ذكره جمشيد، ومنها ذات المثلث، ومنها أنواع الأسطرلابات:

كالتام، والمسطح، والطوماري، والهلالي، والزورقي، والعقربي، والاسى، والقوسي، والجنوبي، والشمالي، والكبرى، والمسطح، والمسرطق، وحق القمر، والمغني، والجامعة، وعصا موسى.

ومنها أنواع الأرباع:

---

(١) هو تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (توفي سنة ٩٩٣هـ = ١٥٨٥م).

(٢) هو غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي (المتوفى سنة ٨٣٩هـ = ١٤٣٦م) صاحب كتاب «مفتاح الحساب».

(٣) تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي، أشير اليه عدة مرات في هذا الكتاب.

كالتـام، والمُجيَّب، والمُقنـطَرات، والآفاقي، والشَّكازي، ودائرة المُعدل، وذات الكرسي، والزرقالة، وربع الزرقالة، وطبق المناطق.

ويستطرد حاجي خليفة قائلا:

«وذكر ابن الشاطر[1] في النفع العام أنه أمعن النظر في الآلات الفلكية فوجد ـ مع كثرتها ـ أنها ليس فيها ما يفي بجميع الأعمال الفلكية في كل عرض، وقال ولابد أن يداخلها الخلل في غالب الأعمال، إما من جهة تعسر تحقيق الوضع كالمبطَّحات، أو من جهة تحرك بعضها على بعض، وكثرة تفاوت ما بين خطوطها وتـزاحمها كالاسطرلاب، والشكازية، والزرقالة وغالب الآلات، أو من جهة الخيط وتحريك المري، وتزاحم الخطوط كالأرباع المقنطرات والمجيبة. وان بعضها يعسر بها غالب المطالب الفلكية، وبعضها لا يفي إلا بالقليل، وبعضها مختص بعرض واحد، وبعضها بعروض مختصة، وبعضها تكون أعمالها ظنية غير برهانية، وبعضها يأتي ببعض الأعمال بطريق مطولة خارجة عن الحد، وبعضها يعسر حملها ويقبح شكلها، كالآلة الشاملة، فوضع آلة يخرج بها جميع الأعمال في جميع الآفاق بسهولة مقصد، ووضوح برهان، فسماها الربع التام».

وعن الاصطرلابات يقول الكاتب الخوارزمي[2] في كتابه «مفاتيح العلوم»[3]:

«أنـواع الاصـطرلابـات كثـيرة، وأسـاميهـا مشتقة من صورها، كالهلالي من الهلال، والكري من الكرة، والزورقي، والصدفي، والمسرطن، والمبطح، وأشباه ذلك..»[4].

ولعله من المفيد أن نبين هنا بإيجاز الأنواع الثلاثة الرئيسية للاسطرلاب، وهي مقسمة بحسب ما اذا كانت:

١ ـ تمثل مسقط الكرة السماوية على سطح مستو.

أو ٢ ـ تمثل مسقط هذا المسقط على خط مستقيم.

أو ٣ ـ تمثل الكرة بذاتها دون أي اسقاط.

ومن ثم فالأنواع الثلاثة هي:

١ ـ الاسـطرلاب المسطح أو السطحي، ويعرف أيضا «بذات الصفائح»، ويتركب من الأم، والأقراص المستديرة، والعنكبوت أو الشبكة، والعضادة أو المسطرة.

---

(١) هو أبوالحسن علاء الدين علي بن إبراهيم بن محمد الأنصاري المعروف بابن الشاطر، عاش بين سنتي ٧٠٤ و٧٧٧هـ (١٣٠٤ و١٣٧٥م).

(٢) هو محمد بن أحمد بن يوسف الخوارزمي الكاتب (المتوفى سنة ٣٨٧هـ = ٩٩٧م).

(٣) طبعة دار الكتاب العربي ببيروت، بتحقيق ابراهيم الأبياري، سنة ١٤٠٤هـ = ١٩٨٤م، صفحة ٢٥٤.

(٤) راجع «الآلات الرصدية وأجزاؤها» في «معجم صنعة الآلات عند الأوائل»، كذا «كتاب في عمل الاسطرلابات» لملك اليمن يوسف بن عمر ابن رسول وفيه أسماء لدقائق أجزاء الاسطرلاب، وهي مفيدة في هذه الصناعة.
ـ من نوادر المخطوطات النفيسة بمكتبة تيمور بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة.

٢ ـ الاسطرلاب الخطي، ويسمى أيضا «عصا الطوسي» نسبة الى مخترعه المظفر بن المظفر الطوسي (المتوفى سنة ٦١٠هـ = ١٢١٤/٣م).

٣ ـ الاسطرلاب الكرى أو الأكرى، ويمثل الحركة اليومية للكرة بالنسبة لأفق مكان معلوم دون استخدام لأية مساقط، ويتركب هذا النوع من كرة معدنية، والعنكبوت أو الشبكة التي تتخذ هيئة نصف كرة معدنية ملامسة تمام الملامسة للكرة، وصفيحة معدنية ضيقة، وعقرب متعامد على هذه الصفيحة، وأخيرا محور يخترق كلا من الكرة والشبكة والصفيحة المعدنية الضيقة، وذلك في اتجاه القطبين الاستوائيين.

صحيح أن العرب والمسلمين ورثوا صنعة الاسطرلاب عن الاغريق إلا أنهم أدخلوا عليها إضافات هامة، وتحسينات جمة، كما يتضح مما أوردناه في صدر هذا الباب.

إن ابتكار آلة الاصطرلاب يعزى للعالم الاغريقي هيباركوس (Hipparchus) الذي عاش في القرن الثاني قبل الميلاد، كما ينسب وضع المباديء العلمية الأساسية لهذه الآلة الى بطلميوس القلوذي (Ptolemy Claudius) صاحب كتاب «المجسطي» Almagest الذي نقله الى العربية حنين بن اسحق (١٨٨ ـ ٢٦٠هـ) = (٨٠٩ ـ ٨٧٣م)، وكنتيجة طبيعية للابتكارات التي ساهم بها العرب والمسلمون أمكن إجراء قياسات كونية دقيقة، منها قياس محيط الأرض كما سبق أن بينا، كذا قياس طول السنة الشمسية (المدارية) كما هو وارد بالجدول (٢٠).

هذا ويعرض شكلا (١١٤)أ،ب اصطرلابين يرجع تاريخ صنعهما الى القرنين السادس والسابع الهجريين (١٢، ١٣م)، ولاشك أن هذه الآلة الرصدية كانت تستخدم في القيام بعمليات الرصد، وحل مسائل الفلك، وتعيين الاتجاهات، وتحديد المواقيت.

هذا ويبين شكلا (١١٥)أ،ب آلات لحساب التقويم من تصميم أبي الريحان البيروني (٣٦٢ ـ ٤٤٣هـ) = (٩٧٣ ـ ١٠٥١م).

مما تقدم يبين لنا أن من الاصطرلابات ما يتم فيه تمثيل الكرة السماوية بسطح مستو[1]، وذلك بطريق الاسقاط المجسم الذي يحافظ على القيمة الحقيقية للزاوية الواقعة بين خطين مرسومين على الكرة، ويُبقي على استدارة خط الأفق وخط الاستواء والمدارين.

نقطة الأوج

وتعرف بأنها نقطة المسافة العظمى لبعد الشمس عن الأرض، وقد وجد علماء المسلمين في القرن ٦هـ = ١٢م[1] أن هذه النقطة تتغير كل سنة بمقدار ١٢,٩ ثانية، وهو رقم عالي الدقة، إذ أنه يختلف اختلافا ضئيلا عما توصل إليه علم الفلك الحديث، حيث يبلغ هذا المقدار ١١,٦ ثانية سنويا.

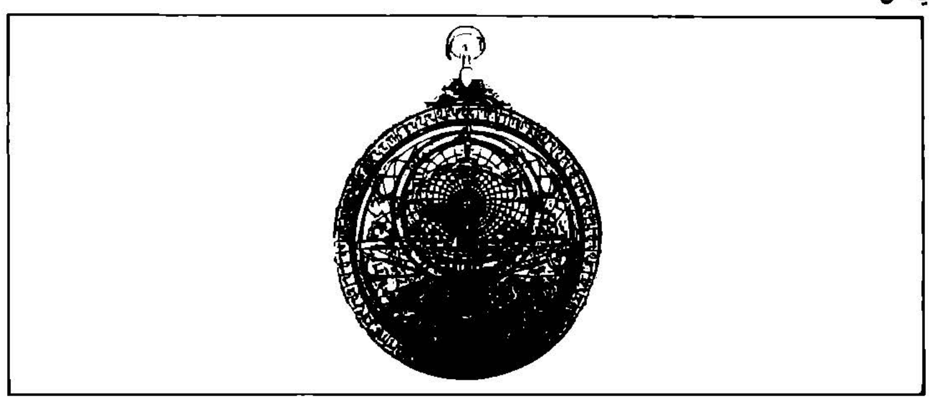
(١) «ازدهار العلوم عند العرب» للدكتور فؤاد سزكين ـ بحث منشور بمجلة أكاديمية المملكة المغربية، الرباط، العدد ٥، سنة ١٤٠٩هـ = ١٩٨٨م، صفحة ١٦٩.

جدول «٢٠»

مقارنة بين قياسات طول السنة الشمسية .

المصدر	طول السنة الشمسية			
	يوم	ساعة	دقيقة	ثانية
بطلميوس القلوذي (تألق حوالي ١٥٠م) (صاحب المجسطي)	٣٦٥	٥	٥٥	صفر
أبوعبدالله محمد بن جابر بن سنان البتاني (ت: ٣١٧هـ = ٩٢٩م)	٣٦٥	٥	٤٦	٢٤
أبوالفتح عمر بن ابراهيم الخيامي النيسابوري (٤٣٦ ـ ٥١٧هـ) = (١٠٤٤ ـ ١١٢٣م)	٣٦٥	٥	٤٩	صفر
ألوغ بك بن تيمور (٧٩٦ ـ ٨٥٣هـ) = (١٣٩٤ ـ ١٤٤٩م)	٣٦٥	٥	٥٠	٨
القيم المعاصرة ٣٦٥,٢٤٢١٩٨٧٨	٣٦٥	٥	٤٨	٤٨,٧

من هذا الجدول يتضح أن قياسات الخيامي تحمل خطأً يقل عن ٠,٠٠١٪، ومن ثم كان «التقويم الجلالي» المنسوب لعمر الخيامي أدق من التقويم الجريجوري (أو الغريغوري)، فبينما يؤدي هذا التقويم الأخير الى خطأ يبلغ يوما واحدا في كل ٣٣٣٠ سنة، فإن الخطأ الناجم عن «التقويم الجلالي» لا يتعدى يوما واحدا في كل ٥٠٠٠ سنة .

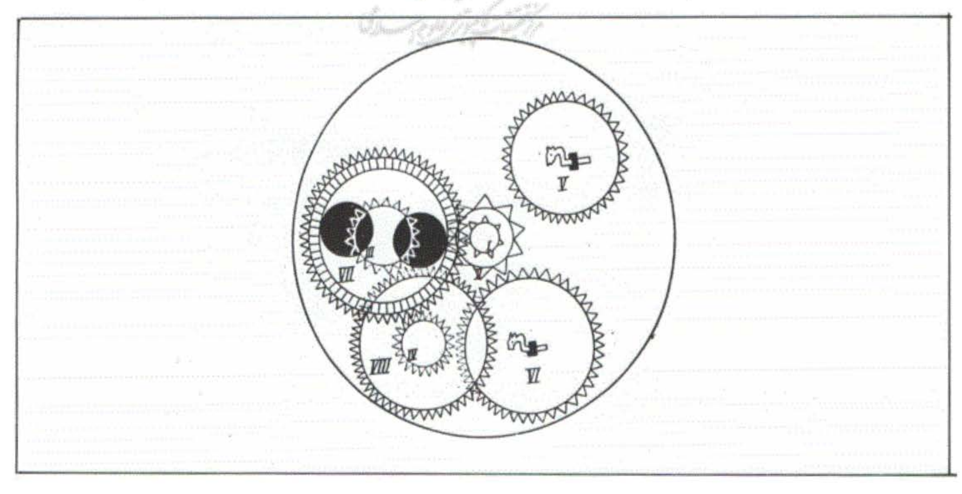


شكل (١١٤)أ

اسطرلاب من صنعة حامد بن محمود الاصفهاني الاسطرلابي ـ من إيران، سنة ٥٤٧هـ = ١١٥٣/٢م.

شكل (١١٤)ب

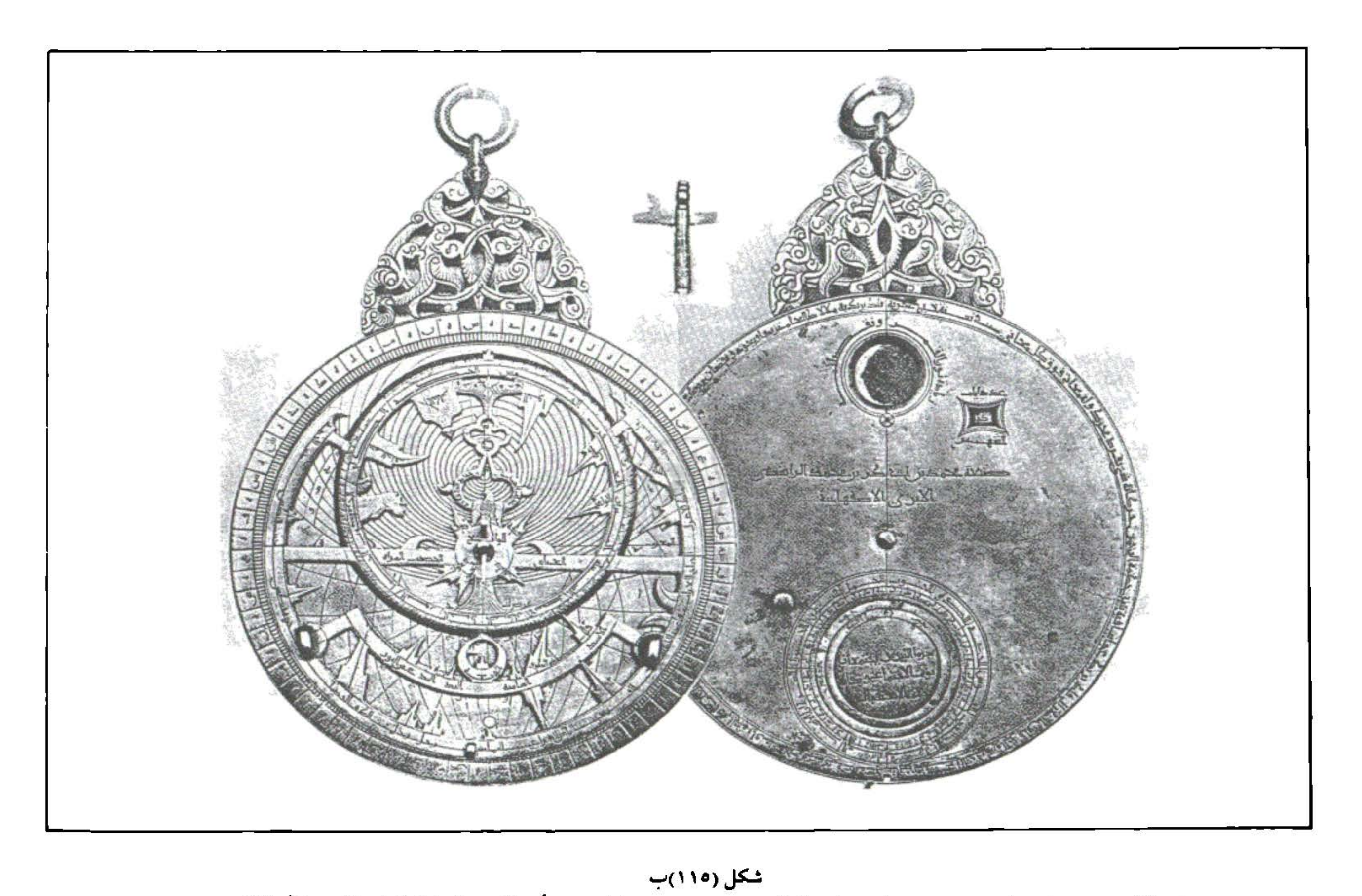
اسطرلاب من صنعة أبي جعفر أحمد بن حسين بن باسو الأندلسي ـ من اسبانيا سنة ٧٠٤هـ = ١٣٠٥/٤م.



شكل (١١٥)أ

جهاز مسنن لحساب التقويم لأبي الريحان البيروني، ويبين مواضع الشمس ومنازل القمر، وما يمضي من الشهر العربي.

(عن: .Derek de Solla Price, Micro, February 1984, page 35).



شكل (١١٥)ب

اسطرلاب يحتوي على جهاز تقويم مسنن على نمط جهاز البيروني، وهو من صنعة محمد بن أبي بكر بن محمد الراشدي الابري الاصفهاني، ويرجع تاريخه الى سنة ٦١٩/١٨هـ = ١٢٢٢/٢١م، وهو محفوظ بمتحف تاريخ العلوم بجامعة أكسفورد.

(عن: Derek de Solla Price, Micro, February 1984, p. 36).

مراجع أجنبية في الاسطرلابات

(1) R.T. Gunter:

"Astrolabes of the World",

Oxford, 1932.

(2) H.M. Holloway:

"Check-List of the Samuel Verplanck

Hoffman Collection of Astrolabes",

New York, 1946.

(3) H.Michel:

"Traite de L'Astrolabe,"

Paris, 1947.

(4) M. Aga-Oglu:

"Two Astrolabes of the late Safavid Period",

Bulletin of the Museum of Fine Arts, Boston, 1947.

(5) L.A.Mayer:

"Islamic Astrolabes and their Works,"

Geneva, 1957.

(6) D.S.Price, S.L.Gibbs and J.A. Henderson:

"A Computerized Check-List of Astrolabes",

Yale University, 1973.

(7) J.D.North:

"The Astrolabe",

Scientific American, Jan. 1974, Vol. 230, No. 1, p. 98.

(8) S.L. Gibbs and G.Saliba:

"Planispheric Astrolabes from the National Museum of American History, Washington D.C.", 1984.

(9) Owen Gingerich:

"Islamic Astronomy",

Scientific American, April 1986, Vol. 254, No. 4, pp. 74-83.

٢٨,٢ ـ الآلات الحربية

عن علم الآلات الحربية يقول حاجي خليفة أو كاتب جلبي (ت: ١٠٦٧هـ = ١٦٥٦م) في كتابه «كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون[1] :

علم الآلات الحربية

وهـو علم يتعرف منه كيفية اتخاذ الآلات الحربية كالمنجنيق وغيرها، وهو من فروع علم الهندسة، ومنفعته ظاهرة، وهذا العلم أحد أركان الدين لتوقف أمر الجهاد عليه.

ولبنى موسى بن شاكر كتاب مفيد في هذا العلم، كذا في مفتاح السعادة[2] .

وينبغي أن يضاف علم رمي القوس والبنادق الى هذا العلم، وأن ينبه على أن أمثال ذلك العلم قسمان:

علم وضعها وصنعتها،

وعلم استعمالها،

وفيه كتب».

ولقد وقف العرب والمسلمون على الجانب الأكبر من أدوات القتال ومعدات الحرب المعروفة في العصر الوسيط، ونسوق فيما يأتي أمثلة لهذه الأدوات نصنفها في مجموعتين رئيسيتين هما:

الأسلحة الفردية، والأسلحة الجماعية.

١ ـ الأسلحة الفردية

بمعنى الأسلحة التي يقوم على استعمالها فرد واحد مثل:

١ ـ السيف، الخنجر، السكين، السهم، البلطة.

٢ ـ الرمح، والسلاح الأبيض عموما.

٣ ـ القوس والنُشاب.

٤ ـ الدبوس وهو المقمعة: عصا ثقيلة من خشب أو من حديد، تنتهي برأس كروي غليظ، والدبوس سلاح فعال ضد الدروعه.

٥ ـ الجوشن: الدرع، والجمع جواشن.

٦ ـ المِجَن والمجناء: التُرس.

٧ ـ الفرض والجوب: الترس.

---

(١) الجزء الأول، صفحة ١٤٥.

(٢) هو كتاب «مفتاح السعادة ومصباح السيادة في موضوعات العلوم» لأحمد بن مصطفى، الشهير بطاش كبري زاده، طبعة القاهرة، سنة ١٩٦٨م.

٨ ـ البارودة أو البندقية، وهي أداة رمي البندق بالمزاريق والأنابيب بضغط الهواء من مؤخرة الأنبوب بما يشبه أنابيب البنادق، واذا كانت البندقية تقذف بندقا، فالبارودة ترسل قذيفة بها بارود.

٩ ـ القنابل اليدوية بأنواعها.

٢ ـ الأسلحة الجماعية

وهي الأسلحة التي يلزم لتشغيلها عدد من الرجال، مثل:

١ ـ المرايا المحرقة.

٢ ـ الزرّاقات: راميات الرماح، شكل (١١٦ ـ أ).

٣ ـ العرّادات: الأنواع الصغيرة من المنجنيقات، شكل (١١٦ ـ ب).

٤ ـ المنجنيقات، الأشكال (١١٧) الى (١٢٢).

٥ ـ الدبابات أو الزحافات.

٦ ـ البندق: كرات تصنع من حجارة أو طين أو زجاج أو رصاص أو معدن.

٧ ـ المقذوفات بأنواعها لاسيما المشتعلة منها.

٨ ـ الخصماناه: نوع من الزناد والقداحات.

٩ ـ أدوات الحصار.

١٠ ـ مكاحل النفط.

١١ ـ النفاثات: راميات النفط.

١٢ ـ عيارات التراكيب الكيميائية للأشغال النارية الحربية.

١٣ ـ المدافع.

هذا وسنقصر حديثنا على أهم الآلات الحربية التي عرفتها الحضارة الإسلامية، ألا وهي المرايا المحرقة والمنجنيقات والمدافع والبارود.

مصادر مخطوطة ومطبوعة
في الأدوات الحربية، وفنون القتال عموما

(١) ـ «التذكرة الهروية في الحيل الحربية»

لأبي الحسن علي بن أبي بكر الهروي السائح (المتوفى سنة ٦١١هـ = ١٢١٤م)

ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ فهرس الكتاب الأول ـ رقم: [١٣٢١١ي]، كتب بقلم رقعة، وتقع هذه النسخة في ٧٥ ورقة من وجه واحد، ومسطرتها ١٣ سطرا، وقد نقلت عن نسخة بمكتبات استانبول.

أصدرت الكتاب مطبعة المرابط بدمشق، سنة ١٩٧٢م.

(٢) ـ «كتاب الصناعة الحربية»

وبه مخطوطات، ويتناول فنون القتال.

لم يعرف مؤلفه.

ـ مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن بايرلندا ـ رقم: ٤١٨٤، ويقع في ٥٥ ورقة، وهذه النسخة غير مؤرخة، ولعلها ترجع الى القرن ٨هـ = ١٤م، وربما كانت النسخة الوحيدة.

(٣) ـ كتاب «خزانة السلاح»

(مختارات في وصف السلاح)

لمؤلف غير معلوم.

ـ مخطوط دار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ٢٧٩٦ ـ أدب، ويقع في ٤١ ورقة.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٢٠ فنون حربية وفروسية.

وقد فرغ من كتابة المخطوط سنة ٨٤٠هـ = ١٤٣٦م.

(٤) ـ كتاب «الفروسية والمناصب الحربية»

لنجم الدين حسن الرماح المعروف بالأحدب[1]

(٦٣٦ ـ ٦٩٥هـ) = (١٢٣٨ ـ ١٢٩٥م)

١ ـ مخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: عربي ٢٨٢٥، ويقع في ١٠٥ صفحات، مسطرتها ١٥ سطرا، كتبت بخط نسخي، وعلى المخطوط تملك سنة ١٨٤٨م.

٢ ـ مخطوط المكتبة الوطنية بباريس ـ رقم: عربي ٢٨٢٦، ضمن مجموع، الصفحات: ٦٦ ـ ١٠١، ومسطرتها ٢١ سطرا، كتبت بخط نسخي جميل، وتحمل هذه النسخة العنوان الآتي:

«كتاب المخزون لأرباب الفنون في الفروسية، ولعب الرمح وبنودها».

٣ ـ مخطوط مكتبة الحرم المكي الشريف ـ رقم: ٥٠ تاريخ، نسخة خزائنية من القرن ٩هـ = ١٥م، وتقع في ٢٢٠ ورقة، مسطرتها ٩ أسطر.

والمخطوط مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٨.

وقد صدر الكتاب بتحقيق عيد ضيف العبادي عن وزارة الثقافة والاعلام بالجمهورية العراقية، سلسلة كتب التراث ـ رقم: (٢٢٢)، بغداد، سنة ١٩٨٤م، ويقع في ١٨٣ صفحة.

(٥) ـ كتاب «الأنيق في المناجنيق»

لابن أرنبغا الزردكاش.

---

(١) اسمه الكامل: «نجم الدين حسن الأحدب بن أيوب الرماح بن محمد بن عيسى بن اسماعيل الحنفي»، إذ أن الأحدب كان صفة لنجم الدين حسن (الابن)، والرماح لقب لأيوب (الوالد)، ومن ثم الجمع بين اللقبين. راجع بروكلمان ـ ١: ٩٠٥.

ألفه سنة ٨٦٧هـ = ١٤٦٢م.

- مخطوط مكتبة أحمد الثالث - متحف طوب كابي سراي باستانبول - رقم: ٣٤٦٩، ويقع في ١٠٩ صفحات.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة - رقم: ٤ - فنون حربية وفروسية.

وقد صدر هذا الكتاب عن معهد التراث العلمي العربي بجامعة حلب، ومعهد المخطوطات العربية، سنة ١٤٠٥هـ = ١٩٨٥م، وذلك بتحقيق وشرح الدكتور إحسان هندي، ويقع الكتاب في ٢٨٨ صفحة، وقد أورد فيه المحقق الفاضل - على الصفحات ٢٣٧ الى ٢٥٥ - «ملحقا بأهم التآليف الحربية والعسكرية التي وضعها المسلمون».

(٦) - كتاب «مصادر التراث العسكري عند العرب»

لكوركيس عواد.

مطبوعات المجمع العلمي العراقي، بغداد، سنة ١٤٠١هـ = ١٩٨١م.

(٧) - «عيارات النفط المحتاج اليها في الحروب»

لمؤلف غير معلوم.

مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة - فنون حربية وفروسية - رقم: ٢٨، ويقع في ٤١ ورقة.

(٨) - «الموسوعة العسكرية»

صدرت عن المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، الطبعة الأولى، سنة ١٩٧٩م.

(٩)

K. Huuri:

''Für Geschichte des Mittelalter lichenG aeshützwesens aus Orientalischen Quel-len'',

Helsinki, 1941.

المرايا المحرقة

وقف الاغريق على سلوك المرايا المستوية، كذا المرايا المقعرة، وذلك منذ زمن بعيد، وقد أدركوا منذ حوالي القرن الخامس قبل الميلاد أن تجميع أشعة الشمس في بؤرة عدسة بلورية إن هي سلطت على شيء قابل للاحتراق أحرقته، وهذه الظاهرة هي التي نتج عنها ما سمى بالمرايا المحرقة، ومن ثم فإن توجيه أشعة الشمس الى الأهداف البعيدة بحيث يحكم الترتيب لتقع في البؤرة يؤدي الى اشتعال أو إحراق هذه الأهداف.

ولعل أول من أشار الى هذه الظاهرة هو إقليدس[1] صاحب كتاب الأصول أو الأركان في الهندسة المستوية (الجومطريا)، فمن المعروف أن لاقليدس كتابا في البصريات أو المناظر (Optics) عرج فيه على ذكر ظاهرة انعكاس الضوء، وفكرة تجميعه، وقد استخدمت المرايا المحرقة في حروب الاغريق والرومان.

ولقد كان لعلماء العرب والمسلمين باع في هذا العلم، ومن أشهر من صنف فيه:

- عطارد بن محمد الحاسب المنجم (من القرن ٣هـ = ٩م).
- يعقوب بن اسحق الكندي (١٨٥ - ٢٥٢هـ) = (٨٠١ - ٨٦٧م).
- والحسن بن الهيثم (٣٥٤ - ٤٣٠هـ) = (٩٦٦/٦٥ - ١٠٣٩م).

فقد كتب الكندي «رسالة في مطرح الشعاع» توجد منها نسخة خطية وحيدة في مكتبة بانكيبور (بتنه) بالهند، بين فيها الكندي كيفية صنع المرايا المحرقة التي ينعكس منها أربعة وعشرون شعاعا على نقطة واحدة، «وكيف تكون النقطة التي يجمع عليها الشعاع على أي بعد شئنا من وسط سطح المرآة»، وقد دعم الكندي مقولته بعشرين شكلا تغطي المبادىء الهندسية والجوانب العملية لهذه المرايا. وللكندي أيضا «رسالة في عمل المرايا المحرقة».

كذلك تعرض ابن الهيثم لجانبيات (Profiles) المرايا المحرقة، ودرس الجانبية الدائرية، كذا جانبية القطوع.

ويعرض ابن الهيثم في المقالة السادسة من كتابه «المناظر»[2] لأغلاط البصر في المرايا الآتية:

المرايا المسطحه
المرايا الكروية المُحدَّبة
المرايا الأسطوانية المحدبة
المرايا المخروطية المحدبة
المرايا الكروية المقعرة
المرايا الأسطوانية المقعرة
المرايا المخروطية المقعرة

وعن «المرايا المحرقة» يقول أحمد بن مصطفى بن خليل الشهير بطاش كبري زادة (١٤٩٥ - ١٥٦١م) في كتابه «مفتاح السعادة ومصباح السيادة في موضوعات العلوم»[3]:

---

(١) Euclid عاش في حوالي القرن الثالث قبل الميلاد.

(٢) مخطوط مكتبة الفاتح باستانبول - رقم: ٣٢١٣.

(٣) طبعة القاهرة، سنة ١٩٦٨م، الجزء الأول، الصفحتان ٣٧٦، ٣٧٧.

علم المرايا المحرقة

«وهـو علم يتعرف منه أحوال الخطوط الشعاعية، المنعطفة والمنعكسة والمنكسرة، ومواقعها وزواياها ومراجعها، وكيفية عمل المرايا المحرقة، بانعكاس أشعة الشمس عنها، ونصبها ومحاذاتها. ومنفعته بليغة في محاصرات المدن والقلاع.

وقد كانت القدماء تعمل المرايا من أسطحة مستوية، وبعضهم من مقعر كرة، الى أن ظهر «دنوفلس»، وبرهن على أنها اذا كانت أسطحتها مقعرة بحسب القطع المكافيء، فإنها تكون في نهاية القوة والاحراق. وكتاب أبي علي بن الهيثم في المرايا المحرقة على هذا الرأي».

هذا ونسوق فيما يلي بعض المراجع العربية في موضوع المرايا المحرقة.

مراجع في المرايا المحرقة

(١) ـ «كتاب الأنوار المشرقة في عمل المرايا المحرقة»
لعطارد بن محمد الحاسب المنجم
ـ مخطوط مكتبة لاله لي باستانبول ـ رقم: ٢٧٥٩، ويقع في عشرين ورقة.
مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ١٥ ـ كيمياء وطبيعيات.

(٢) ـ «رسالة ابن الهيثم في المرايا المحرقة بالدائرة»
للحسن بن الهيثم البصري المصري.
مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيدر اباد الدكن بالهند، سنة ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م، وتقع الرسالة في ١٦ صفحة.

(٣) ـ «رسالة ابن الهيثم في المرايا المحرقة بالقطوع»
للحسن بن الهيثم البصري المصري.
مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيد اباد الدكن بالهند، سنة ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م، وتقع الرسالة في ١٥ صفحة.

المنجنيقات

المنجنيق كلمة من أصل فارسي، وتُجمع في اللغة العربية على: مجانق، ومجانيق، ومناجيق، ومنجنيقات.

والمصدر «جنق».

وكلمة منجنيق تحريف لعبارة «من جه نيك»، وقيل إنها تعني «أنا ما أجودني»، أو بكلمة «منجك»، ويقصد بها الارتفاع الى فوق.

والجنك: عود ذو رقبة طويلة.

وفي اللاتينية: Manganellus

والمنجنيق عبارة عن آلة حربية ثقيلة استخدمت في عمليات قذف ورمي الأحجار والسهام والقذائف المُرسَّمة بالنفط، والكرات النارية، والصناديق النحاسية المتفجرة (صناديق المخاسفة)[1] وقنابل الزجاج والغازات، والقنابل المدخنة الخانقة والمسيلة للدموع، والقنابل المضيئة، كذا قذف الحشرات، وسلال أو جرار الأفاعي والعقارب، وحزم الرمم والقاذورات، وباختصار قذف كل ما يؤذي العدو ويرعبه وينال منه، وقد استمر استعمال المنجنيقات حتى حوالي القرن ٨هـ = ١٤م حين توقف اللجوء اليه إثر اكتشاف البارود واستخدامه في المدافع.

ويشير الكاتب الخوارزمي في كتابه «مفاتيح العلوم»[2] الى آلات الحروب كالمجانيق والعرَّادات، ويذكر من آلات المنجنيق: الكرسي، والخنزيرة، والسهم، والأسطام، وفيما يلي وصفها:

الكرسي: وصورته مثل صورة الشيء الذي يكون في المساجد يصعد عليه لتعليق القناديل.

والخنزيرة: وهي شيء شبيه بالبكرة إلا أنه طولاني الشكل.

والسهم: وهو خشبة طويلة مستوية كالجذع.

والأسطام: وهي حديدة تكون في طرف السهم حيث يعلق حجر الرمي.

ونبين فيما يأتي بعض التسميات التي ترد في مجال الآلات الحربية:

الزراقات: راميات الأسهم[3]، شكل (١١٦ ـ أ).

النفاثات: راميات النفط.

العرادة: منجنيق صغير لرمي الحجارة، ويمكن تحريكه ونقله بسهولة، الأمر الذي يسمح بمرونة كبيرة في المناورة والحركة.

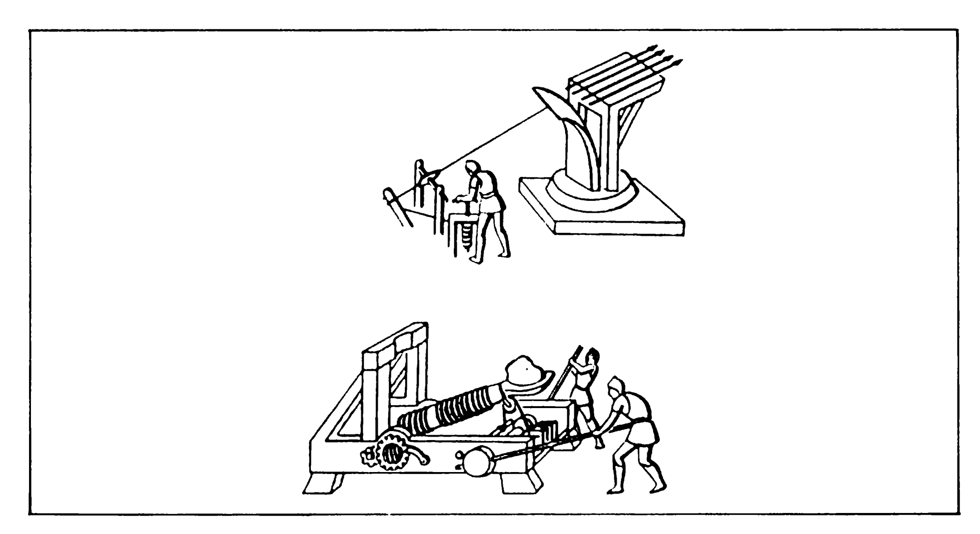
المكحلة: المدفع، وعادة ما يكون صغير الحجم، وقد استعملت المدافع ومكاحل النفط منذ فجر الاسلام.

---

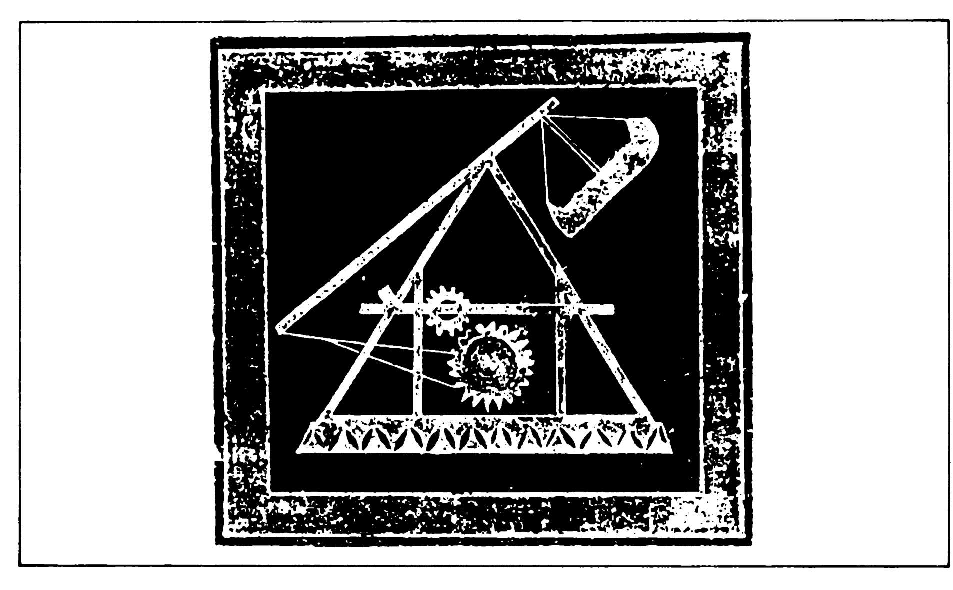
(١) مخاسفة = قابلة للاحتراق والتفجير.

(٢) طبعة دار الكتاب العربي، سنة ١٩٨٤م، صفحة ٢٧٠.

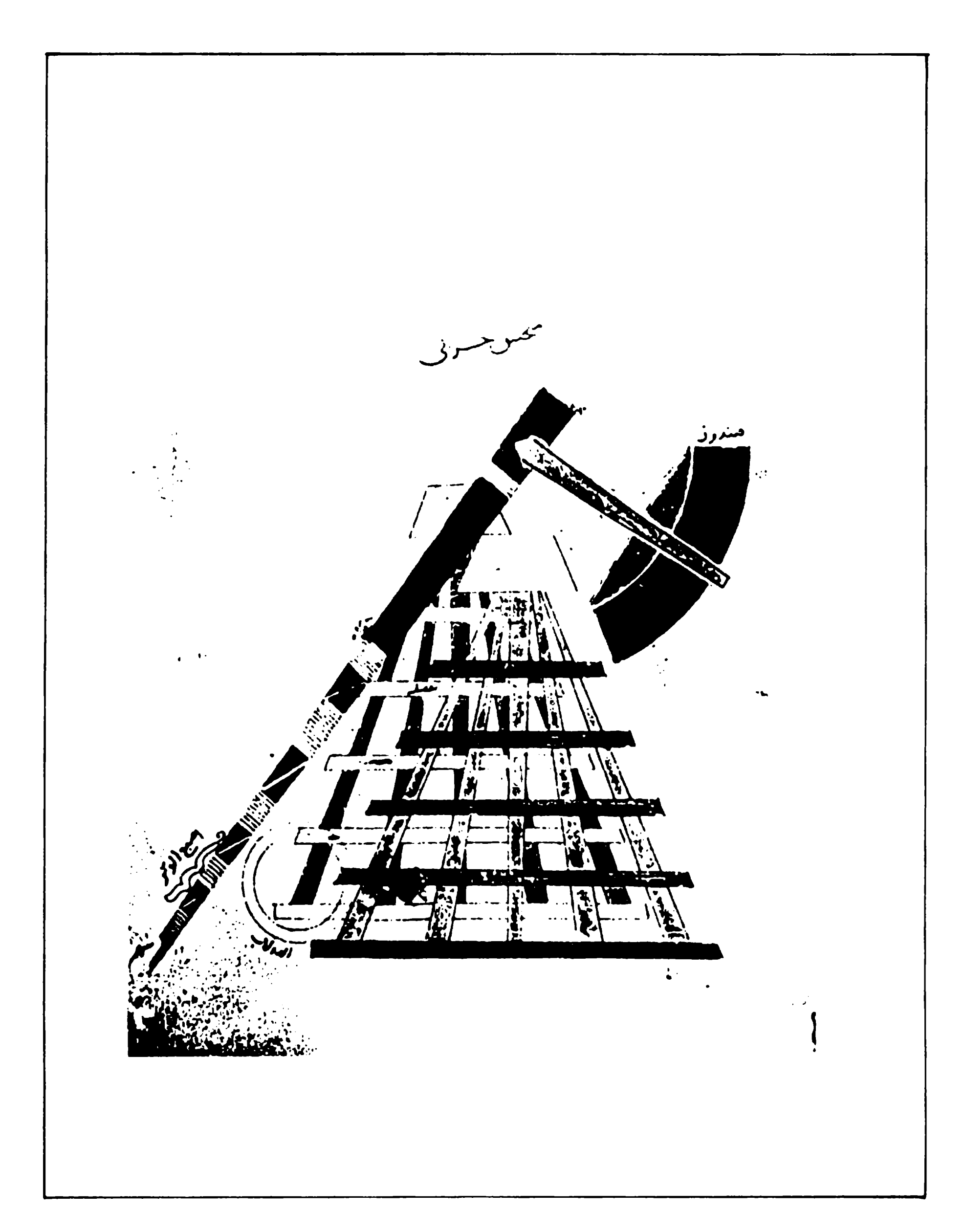
(٣) يعرف السهم الذي يرمى من القوس أو من غيره: النشاب أو النشابة.



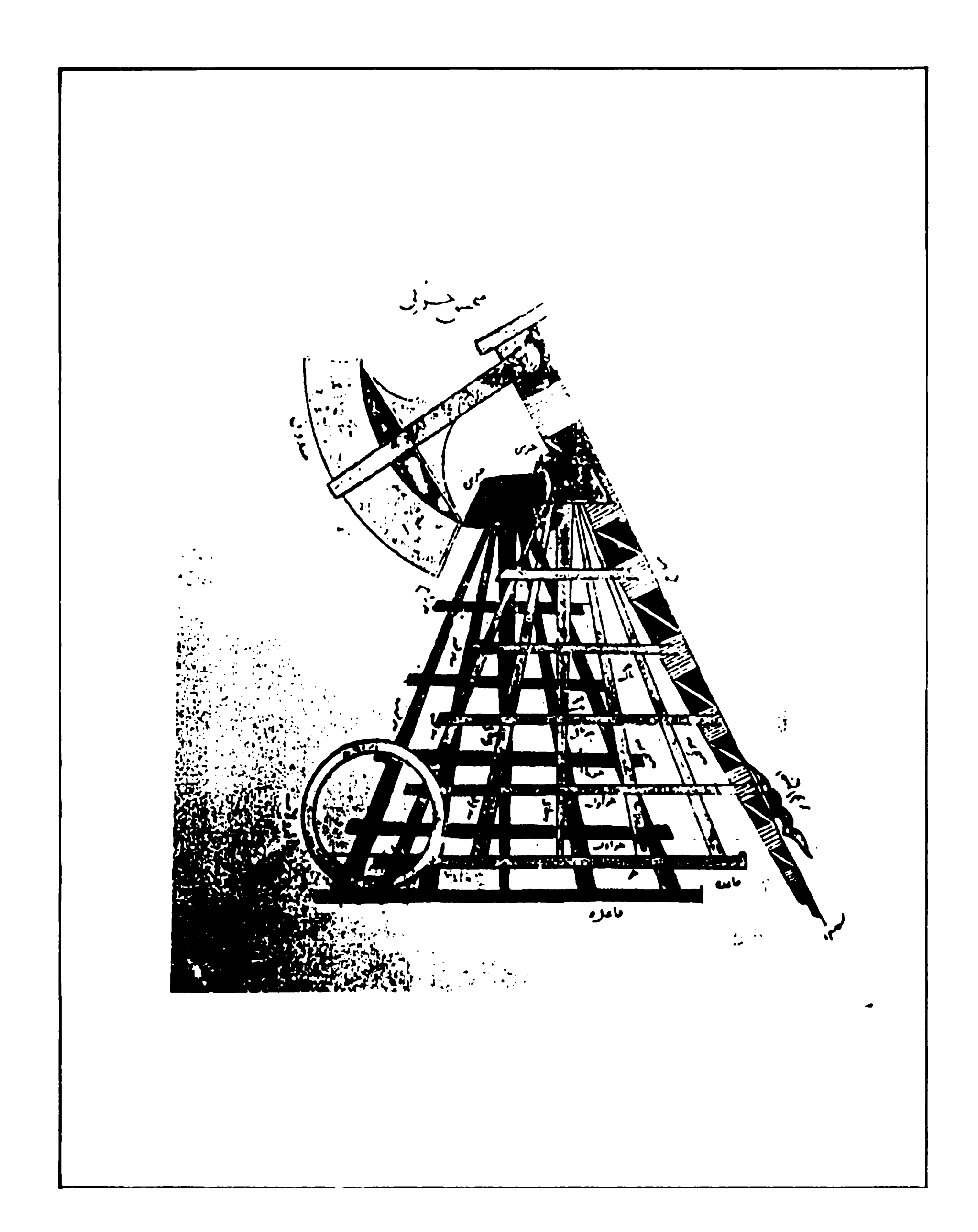
شكل (١١٦)
رسم تخطيطي لراميات الأسهم وراميات الحجارة:
(أ) راميات الأسهم (الزراقات) (**Arrow Catapult**)
(ب) راميات الحجارة في عملية حصار (**Siege Catapult**).



شكل (١١٧)
رسم تخطيطي لمنجنيق من أعمال نجم الدين حسن الرماح المعروف بالأحدب (المتوفى سنة ٦٩٥هـ = ١٢٩٥م).



شكل (١١٨)
صورة منجنيق كما وردت في كتاب أرنبغا الزردكاش . (القرن ٩هـ = ١٥م) .
(عن مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول، صفحة ١٧) .



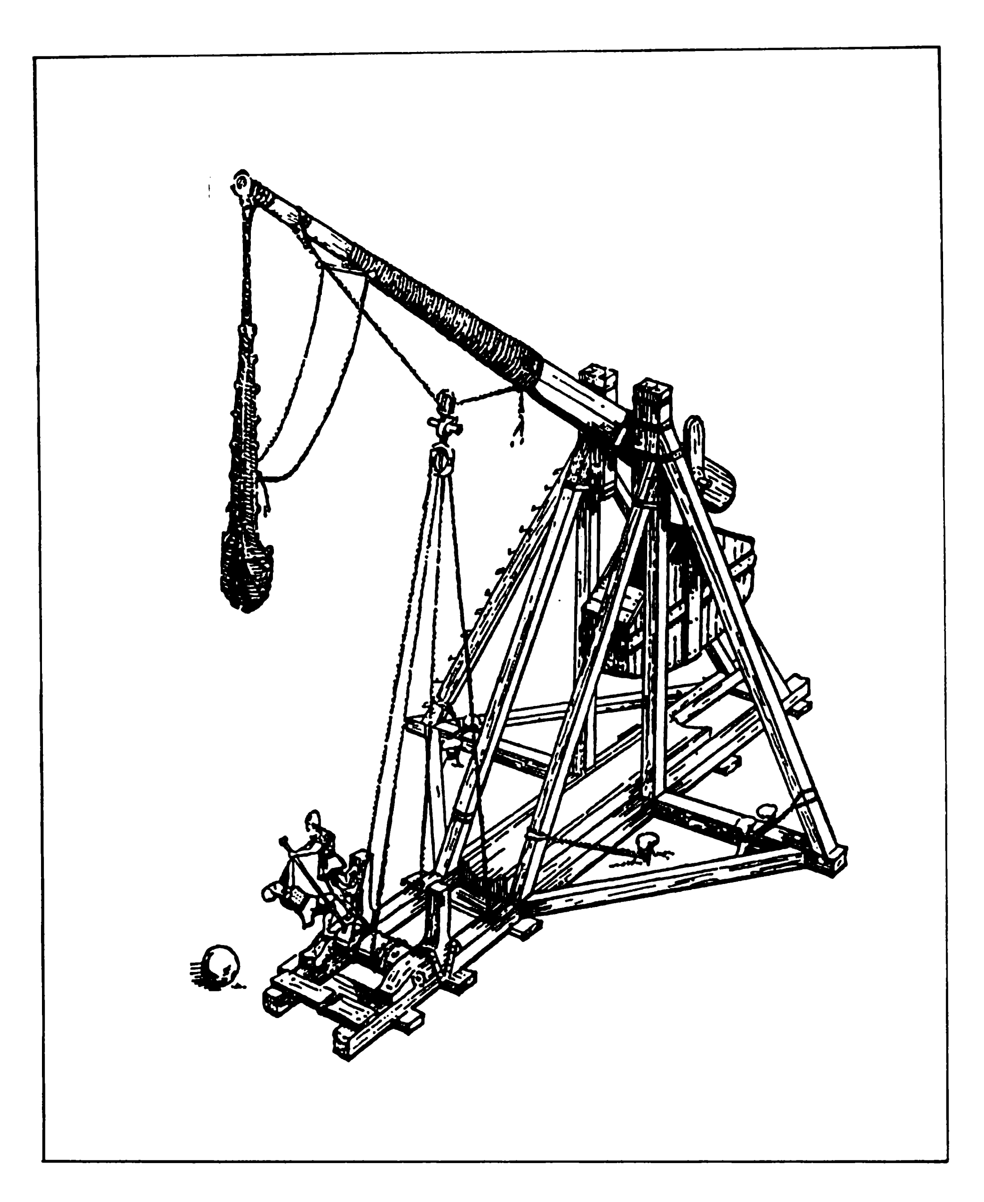
شكل (١١٩)
صورة منجنيف من تراث أرنبغا الزردكاش. (القرن ٩هـ = ١٥م).
(عن مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول، صفحة ٥٧).



شكل (١٢٠)

رسم منجنيق مُركَّب فوق برج قلعة ـمن أعمال أرنبغا الزردكاش (القرن ٩هـ = ١٥م)

(عن مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول، صفحة ٧٢).

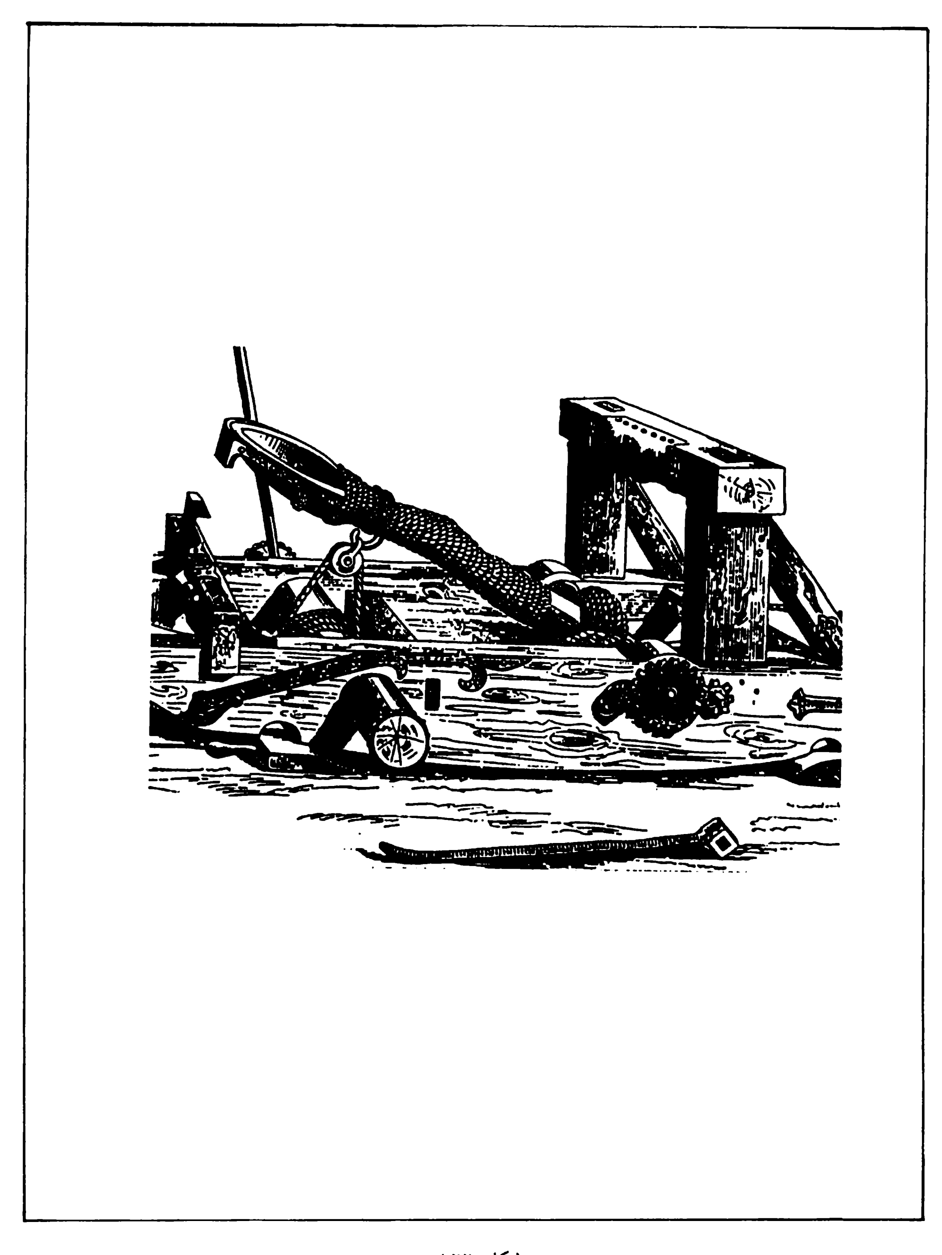


شكل (١٢١)

منجنيق افرنكي، وصفه فيلار دي هنيكورت (**Wilars de Honecourt**)[١]

(**Great Engine of War: Catapult or Terbuchet**)

(١) حوالي سنة ١٢٣٠م .A.D



شكل (١٢٢)
منجنيق روماني ضخم كما كان مستعملا في القرون الوسطى.
(Rpman Catapult)

المدافع

السلاح القاذف كالبندقية أو البارودة أو المدفع هو سلاح ناري يبعث بقذائفه عبر مسافات بعيدة، ويكون مسبب القوة الدافعة للقذائف إما المفرقع مثل البارود، أو غاز تحت ضغط، أو بفعل نابض (باعتاقه).

ويجري تصنيف البنادق والمدافع بحسب حجمها وعيارها، فما يحمل منها يعرف بالأسلحة الصغيرة بأنواعها، وما تعمل منها بطريقة تلقائية بمعدل ٤٠٠ الى ١٦٠٠ قذيفة في الدقيقة الواحدة تعرف بالأسلحة المكنية (Machine Guns) أو بالأسلحة الرشاشة، أما الأنواع الكبيرة (والتي يتعدى قطر الفوهة فيها بوصة واحدة مما لا يحمل باليد أو على الكتف) فتعرف بالمدافع : Cannon[1] or Artillery .

والمدافع إما أن تكون ثابتة في مواقعها، وإما أن تكون مجهزة بناقلاتها الذاتية كالعجلات مثلا، شكل (١٢٣)، أو أن تكون محمولة على مركبات خاصة.

لا يعرف على وجه التحقيق من هو أول من اخترع البندقية أو المدفع، إلا أن معظم المؤرخين يعتقدون أن البنادق الأولى كانت على هيئة أسلحة مدفعية استخدمها العرب في شمال افريقيا حوالي ١٢٥٠م[2]، هذا وقد أورد ابن خلدون (٧٣٢ ـ ٨٠٨هـ) = (١٣٣٢ ـ ١٤٠٦م) استعمال العرب للمدافع في حصار سِجِلْماسة، ويوافق ذلك سنة ١٢٧٤م، ويبدو أن صناعة المدافع في العالم الاسلامي كانت شائعة تماما في ذلك الوقت من الهند شرقا الى اسبانيا غربا.

وقد ظهرت المدفعية الثقيلة على مسرح العمليات الحربية حوالي سنة ١٣٥٠م، وكانت المدافع في بداياتها تصنع من مصبوبات البرونز ثم من مصبوبات الحديد، وكانت تقذف كرات ثقيلة من الحجارة ثم من المعادن، شكل (١٢٣).

استعمل الفرنسيون مدافع صغيرة ضد الانجليز في ١٤٥٠م، كذلك استعمل الأتراك العثمانيون المدافع تحت قيادة السلطان محمد الثاني (الفاتح) في فتح القسطنطينية سنة ١٤٥٣م. وجدير بالذكر أنه لما كانت صنعة صهر المعادن وسبكها تضرب بجذورها العميقة في أرض الأناضول، فلا غرو إذن أن يبكر ظهور المدافع في العصر العثماني.

وتحكي لنا كتب التاريخ عن اهتمام الحكومات في العالم الاسلامي بتصنيع وتطوير مكاحلها ومدافعها، ونشير هنا على سبيل المثال لا الحصر الى ما أورده ابن إياس[3] من حديث عن تطوير المدافع في مصر على أيام قانصوه الغوري في الفترة (٩١١ ـ ٩٢٠هـ) = (١٥٠٤ ـ ١٥١٤م).

---

(١) كلمة Cannon مشتقة من الأصل اللاتيني Canna ، وتعني ماسورة أو أنبوب أو بوصة. وفي الانجليزية: Reed, Flute

(٢) راجع .The World Book Encyclopedia", World Book-Childcraft International, Inc., 1981, vol. 8, p. 424

(٣) ابن إياس: «المختار من بدائع الزهور في وقائع الأمور»، مطابع الشعب، القاهرة، سنة ١٩٦٠م.



شكل (١٢٣)
رسم تخطيطي لمدفع نموذجي من القرون الوسطى، وطريقة ضبط توجيه القذائف.

يقول ابن إياس عما حدث في يوم الاثنين الثامن من ربيع الأول سنة ثماني عشرة وتسعمائة:

«وقيل إن السلطان سبك نحوا من سبعين مكحلة ما بين كبار وصغار من نحاس وحديد، فكان منها أربع كبار، فقيل وزن كل واحدة منها ستمائة قنطار شامي[1]، فكان طول كل واحدة نحوا من عشر أذرع[2] ..».

ومنذ هذه البدايات تطورت مدفعية الميدان تطورا هائلا في الحجم والدقة وقوة النيران، وتعاظم دورها في المعارك الحربية، ولعل نابليون هو أول قائد يُجمِّع ويُركِّز مدفعيته في كتيبة واحدة يسلط نيرانها الكثيفة على موضع واحد ليفتح ثغرة في صفوف العدو قبل أن ينسل اليها بمشاته.

ولعل من أهم ما عُرف من تراث العرب والمسلمين في مجال الفنون الحربية: «كتاب العز والمنافع للمجاهدين في سبيل
الله بآلات الحروب والمدافع»

(١) القنطار الشامي يساوي حوالي ربع طن متري (٢٥٦ كيلوجراما).
(٢) بالذراع الشرعي يبلغ الطول حوالى خمسة أمتار.

ألفه بالأعجمية (الاسبانية) الرئيس ابراهيم بن أحمد بن غانم بن محمد بن زكريا الأندلسي المشهور بالربّاش (من القرن ١١هـ = ١٧م)، وترجمه الى العربية أحمد بن قاسم بن أحمد بن قاسم بن الفقيه بن الحجري الأندلسي (ترجمان سلاطين مراكش)[1].

وقد تم تأليف هذا الكتاب في حدود سنة ١٠٤٢هـ = ١٦٣٢م، وفرغ من ترجمته الى اللسان العربي سنة ١٠٤٨هـ = ١٦٣٨م[2].

من مخطوطات الكتاب:

١ ـ مخطوط دار الكتب الوطنية بالجزائر ـ رقم: ١٥١١، فرغ من كتابته في تونس في شهر ذي القعدة سنة ١٠٥٠هـ الموافق لشهر فبراير سنة ١٦٤١م.

٢ ـ مخطوط دار الكتب الوطنية بفينا ـ رقم: ١٤١٢، فرغ من كتابته في تونس في شهر ذي القعدة سنة ١٠٥٠هـ الموافق شهر فبراير من سنة ١٦٤١م.

٣ ـ مخطوط دار الكتب الوطنية بتونس ـ رقم: ٣٤٣٣، وهذه النسخة غير مؤرخة، ولعلها كتبت في القرن ١١هـ = ١٧م.

٤ ـ مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن بايرلندا ـ رقم: ٤١٠٧، ويقع في ١٢٥ ورقة، نسخه محمد خوجة بن أحمد بن قاسم، نجل المعرِّب، وذلك بخط مغربي جيد، والمخطوط مزود برسومات، ويرجع تاريخ النسخ الى شهر المحرم سنة ١٠٦٢هـ الموافق لشهر ديسمبر سنة ١٦٥١م.

٥ ـ مخطوط دار الكتب المصرية بالقاهرة ـ رقم: ٩٧ ـ فروسية، فرغ من نسخه سنة ١٠٦٤هـ = ١٦٥٣م.

٦ ـ مخطوط مكتبة شستر بيتي بدبلن بايرلندا ـ رقم: ٤٥٦٨، ويقع في ٣٩ ورقة، كتبت بخط مغربي دون ذكر لتاريخ الكتابة، ولعل المخطوط يرجع الى القرن ١١هـ = القرن ١٧م، وهذه النسخة ناقصة.

٧ ـ مخطوط الخزانة التيمورية بدار الكتب والوثائق القومية بالقاهرة ـ رقم: ٨٦ ـ فروسية وفنون حربية، ويقع في ١٣٠ ورقة، تمت كتابتها سنة ١١٩٨هـ = ١٧٨٣م.
مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة ـ رقم: ٢٤ ـ فنون حربية.

٨ ـ مخطوط دار الكتب الوطنية بالجزائر ـ رقم: ١٥١٢، ويرجع تاريخ كتابته الى سنة ١١٩٨هـ = ١٧٨٣م.

٩ ـ مخطوط الخزانة العامة ـ الجلاوي ـ الرباط، رقم: ٨٦٨، ويقع في ٢٢٧ صفحة من القطع الكبير، كتبت بخط مغربي حسن دون ذكر التاريخ.

١٠ ـ مخطوط الخزانة العامة بالرباط ـ رقم: D 1342، ويبدو أن هذه النسخة مختصرة.

---

(١) بروكلمان GAL - II: 466.

(٢) David James: "The Manual de artilleria of al-Ra'is Ibrahim b. Ahmad al-Andalusi with particular reference to its illustrations and their sources".
Bulletin of the School of Oriental and African Studies, University of London, Vol. XLI, part 2, (1978), pp 237-257.

وجدير بالذكر أن نسخة المؤلف الأصلية وهي مكتوبة باللغة الاسبانية لاتزال مفقودة، وعند إتمام الترجمة قام ابن المترجم بعمل عدة نسخ خطية منها.

ولقد كان من نتيجة الطرد[1] الجماعي أن هاجر المسلمون من الأندلس الى تونس كيما يلحقوا بإخوانهم في الدين، وكان من بين هؤلاء المهاجرين كثيرون من ذوي الخبرة والدراية في فنون عدة منها الفنون الحربية.

هذا وقد ولد المؤلف في نَوْلش من أعمال غرناطة، وانتقل مع أسرته الى اشبيلية حيث بدأ ارتباطه بالبحرية منذ عام ١٥٨٦م، واشتغل بالملاحة مدة ثلاثين عاما[2]، وقدم الى تونس سنة ١٦٠٩م أو ١٦١٠م[3]، وبعد مقامه فيها عددا من السنين عزم الريس ابراهيم على تسجيل معارفه الفنية في المدافع، فبدأ في كتابة مصنفه الذي نحن بصدده سنة ١٦٣٠م وأكمله في عامين في قلعة «حلق الوادي»، وقد مكث فيها ١٤ عاما، وكتب هذا الدليل ليكون في خدمة جنود القلعة، ويقع هذا المصنف في خمسين بابا.

ويقول الريس ابراهيم في كتابه:

«.. ثم فرج الله علي من الأسر بعد السبع سنين، ثم ولينا الى تونس، والامير يوسف داي[4] أمرنا بالقعود في حصن حلق الوادي، ونحن من أهل الجيش في الراتب، وفيها كملت معرفة آلات المدافع، بالاشتغال بيدي، وفيها بالقراءة في كتب الفن بالأعجمية.

ولما رأيت الطائفة المسماة بالمدافعين المرتبين لا معرفة لهم بالعمل، عزمت على تصنيف هذا الكتاب، لأن كل مدفع له قيمة مال، وتعب في إيجاده، ثم يوكل تسخيره والرمي به من يكسره ويفنيه في الرمية الأولى أو في الثانية، والموكل عليه الذي يعمره قريبا من الهلاك، فحملني على تصنيفه (و) النصح له، ولمن وكل عليه».

ويتجه المؤلف الى الله داعيا إياه أن ييسر له ترجمته فيقول:

«نسئل[5] الله أن يقبل النية، إنها أبلغ من العمل، وأن ييسر لي من يعربه بالعربية من الكلام الاشبانيول، وهو الكلام العجمي المتصرف ببلاد الأندلس، ولا قصدت به نفعا دنياويا بل الاخلاص لله تعالى بترجمته لنكتب منه نسخا ونبعثرها ان شاء الله لبعض المواضع من بلاد المسلمين...».

ويقول المؤلف في معرض حديثه عن خدمته في البحرية واشتغاله بآلات الحرب:

«.. ووقع الحرب الشديد بمدينة اشبيلية، وتولعت بالسفن في البحر المحيط، فسافرت فيها مرارا، ثم سافرت في السفن الكبار المسماة بالغليونية بالأعجمية التي تأتي بالفضة من الهنود المغربية، فكانت تمشي

---

(١) كان الخروج الأول سنة ١٥٧١م، والخروج الثاني في يناير سنة ١٥٨٤م. والخروج الأخير سنة ١٦٠٩م (ويعرف بالقيمة).

(٢) كان المؤلف كذلك قائد مدفعية.

(٣) في آخر أيام عثمان داي حاكم تونس (١٥٩٤ ـ ١٦١٠م).

(٤) حكم في الفترة: ١٦١٠ الى ١٦٣٧م.

(٥) هكذا في الأصل المخطوط.

عماره كما هي من عادتهم.

وفيها جيش ورجال عارفون بآلات الحرب البارودية، وكانوا يجتمعون مع أكابر القوم للكلام في تلك الصناعة، وتارة يأتوا بالكتب المؤلفة في ذلك الفن، وهي كثيرة، لأن العارفين بالعلم والمباشرين بالعمل وغيرهم لما رأوا أن ملوكهم يعظمون أهل هذا الفن، ولمن يؤلف فيه، فاعتنوا به، وكنت أجالسهم واحفظ بعض ما يتفقون عليه، ونشتغل بيدي في المدافع وجميعهم لا يظنون في أنني أندلسي..».

من هذه النصوص يبين لنا أن المؤلف قد وقف على كثير من المعارف الفنية الخاصة بآلات المدافع صنعا ومبشارة، وأنه اطلع على أعمال الاسبان في هذا المضمار، ومن ثم يمكن القول بأن الكتاب الذي نحن بصدده يمثل حالة المعارف في المدافع شرقا وغربا على حد سواء في القرن ١٠هـ = ١٦م.

البارود

(Gunpowder)

البارود هو أقدم ما عرف من المفرقعات على الاطلاق، حيث استعمله الصينيون والعرب وأهل الهند، وقد قل استعماله بظهور مفرقعات أشد منه فتكا.

ولعل أول مكونات خليط البارود (Gunpowder) ويسمى ملح البارود (Saltpeter or Saltpetre)، واسمه العلمي نترات البوتاسيوم (Potassium Nitrate)، لعل ملح البارود هذا قد عرفه القدماء في تجهيز اللحم، وربما يكون قد حدث بالصدفة أن وقع بعض من هذا الملح على النار فأعطى لهبا متوهجا، ومن هنا قد يكون الانسان الأول قد وقف على صفات ملح البارود الداعمة للنار، ومن المحتمل كذلك أن يكون الأوائل قد أضافوا الى هذا الملح ما يذكي الاشتعال مثل برادة الخشب أو نشارته، ولعل قلة وفرة الخشب قد ألجأت الانسان الى إضافة الفحم وهو ثاني مكونات البارود، فتوصل الى استعماله في الألعاب النارية، وقد عرف خليط ملح البارود (نترات البوتاسيوم) مع الفحم «بالنار الصينية» (Chinese Fire)، وقد جرى استعمال هذا الخليط قبل مولد السيد المسيح بزمان طويل، كما صار حشو عيدان الخيزران والسهام المجوفة به، ولعل ذلك يحدد البدايات الأولى للصواريخ ذاتية الدفع التي تعمل بتمدد الغازات داخل الأنابيب المجوفة، وبذلك يمكن القول بأن أهل الصين قد وقفوا على خليط ملح البارود والفحم، إلا أنه ليس لدينا دليل على وقوف الصينيين على الخليط المكتمل الذي يضم المكون الثالث وهو الكبريت.

البارود عند العرب

لعل العرب هم أول من سبق الى معرفة الصيغة الكاملة لخليط البارود التي تتكون من:

١ ـ ملح البارود أي نترات البوتاسيوم: بنسبة حوالي ٧٥٪

٢ ـ الفحم النباتي: بنسبة حوالي ١٥٪

٣ ـ الكبريت: بنسبة حوالي ١٠٪

ويبين الجدول (٢١) بعض أمثلة لتركيبات المفرقعات في القرن السابع الهجري (= القرن ١٣م) كما جاءت في كتاب «الفروسية والمناصب الحربية» لنجم الدين حسن الرماح (٦٣٦ ـ ٦٩٥هـ) = (١٢٣٨ ـ ١٢٩٥م)، ويتضح من الجدول أن جميع الخلطات يدخل فيها البارود بعشرة دراهم، ومعه كبريت بنحو درهمين في المتوسط، يضاف الى ذلك فحم أو زرنيخ ومكونات أخرى بنسب صغيرة، ويدل العدد الكبير من هذه الخلطات على اهتمام العرب والمسلمين بتطوير هذا المفرقع ليشق طريقه الى المنجنيقات ثم الى المدافع.

هذا وتؤكد كتب التاريخ استعمال العرب للقذائف النارية في الحروب الصليبية في وقت كانت أوروبا تجهل فيه تماما خليط البارود. يؤيد ذلك استعمال قنابل البارود ضد الصليبيين عند حصارهم للفسطاط سنة ٥٦٤هـ = ١١٦٨م.

البارود عند أهل الصين

يعتبر أقدم مرجع يسجل استعمال مبدأ الدفع الصاروخي ما جاء بالنشرة الصينية (Chinese Chronicle: T-hung-lian-kang-mu) التي تشير الى تاريخ الدفع الصاروخي بعام ١٢٣٢م (= ٦٣٠هـ)، وذلك خلال حصار المغول لمدينة بيكن Kai-fung-fu (Pien-King) حيث استخدم الصينيون سلاحين جديدين هما:

١ ـ الرعد المزلزل للسماء (Heaven Shaking Thunder).

٢ ـ السهم المطوف بالنار (Arrow of Flying Fire).

مما يدل على وقوفهم على البارود منذ القرن ١٣م = ٧هـ على أقل تقدير.

البارود في الغرب

لم يقف العالم الغربي على دقائق صنع البارود إلا سنة ١٢٤٢م (= ٦٤٠هـ) عندما نشر روجر بيكون (Roger Bacon [1]) من جامعة أكسفورد بانجلترا كتابا بعنوان:

« De Mirabili Potestate Artis et Naturae » بين فيه تركيب خليط البارود على النحو الآتي:

في النص الانجليزي:

".... but of saltpeter take 7 parts, 5 of young hazel tweigs, and 5 of sulphur; and so thou wilt call up thunder and destruction, if thou know the art".

أي: «أما من ملح البارود (نترات البوتاسيوم) فخذ ٧ أجزاء، وخمسة من خشب البندق (أو الجلوز)، وخمسة أجزاء من الكبريت، وبذلك يمكنك تسميتها بالرعد والتدمير ان كنت على علم بهذا الفن».

وهكذا يظهر وجود الكبريت كثالث مكونات البارود، وإن كان استعماله قد سبق عصر روجر بيكون بوقت غير قصير.

---

(١) (١٢١٤ ـ ١٢٩٤م) = (٦١١ ـ ٦٩٤هـ).

جاء من بعد روجر بيكون القس الألماني برتهولد شفارز (Berthold Schwarz) في القرن الرابع عشر للميلاد حيث قام بتطوير هذا المفرقع عمليا خلال النصف الأول من القرن، وقد بدأ استعمال الغرب للبارود في المدافع منذ حوالي سنة ١٣٤٦م.

ولما كان تاريخ بداية عصر النهضة يقوم على ركيزتين أساسيتين هما اكتشاف البارود واختراع الطباعة، هذان الحدثان اللذان كان لهما أبلغ الأثر على مسيرة الحضارة الحديثة، صار من الأهمية بمكان معرفة أصحاب الفضل في اكتشاف خليط البارود، ولعل هذه الدراسة الموجزة تكون قد أكدت على سبق العرب الى معرفة خليط البارود المكون من ملح البارود (نترات البوتاسيوم) والفحم النباتي والكبريت، والوقوف على كيفية صنع البارود، وعلى قدرته التدميرية العالية.

جدول «٢١»

جانب من عيارات البارود الواردة في كتاب نجم الدينِ الرمَّاح (الصفحات ١٥٥ ـ ١٧١)

العيار	المكونـات بالدراهم										
	بارود	كبريت	فحم	برادة	جرادة حديد	جرادة فولاذ	مقدح	حديد صيني	حصا البان	زرنيخ	اسبنداج
عيار زهر الياسمين	١٠	٢	٣	٥							
عيار زهر مُجرّب	١٠	٢	٣	١٠							
عيار زهر مُجرّب	١٠	١ ١/٤	٢ ١/٤	٣							
عيار زهر مُجرّب	١٠	٢ ١/٢	٢ ٣/٤		٢	٢					
عيار زهر مورق	١٠	٣/٤	٤				٣ ١/٢				
عيار زهر مُجرّب	١٠	٣	١/٢				٤	٩			
عيار ضوء القمر	١٠	٣	١/٢						١/٢		
عيار ضوء القمر	١٠	٢ ١/٨								١ ٧/٨	
عيار ضوء القمر	١٠	٢ ١/٤								١ ٣/٤	
عيار ضوء القمر	١٠	٢ ١/٢								٢ ١/٤	١/٢
عيار ضوء القمر	١٠	١ ٥/٦								٢ ٣/٤	
عيار حمص	١٠	١ ١/٢	١/٢								
↓											
	١٠	٣	٣/٤								
	١٠	٢					١/٢				

معجم صنعة الآلات عند الأوائل

المحتويات

(١) (١٢١٤ ـ ١٢٩٤م) = (٦١١ ـ ٦٩٤هـ).

معجـــم
صنعة الآلات عند الأوائل

١ ـ الآلات الروحانية وميخانيقا الماء

(أ)

ابشيزكه : البشيزج أو البشيزجه لفظ مأخوذ من الأصل الفارسي بشيزه، وهو الثقب يدعم أو يقوي بحلقة ماسكة.

إبريق : وعاء له عروة وبلبلة لصب السائل.

أترجة، أُترج : لفظ فارسي الأصل يُطلق على نوع من الحمضيات (Citron)

إجانة : حوض.

إحليل : مخرج السائل كمخرج اللبن من الضرع والثدي.

أدم : الجلد عموما (Hide-Leather).

أرماريون : لفظ إغريقي (= بانسقوس)، لعل المقصود به آنية مستقبلة قابلة للتحريك.

أساطين : جمع «أسطون»، وهو لفظ إغريقي بمعنى عمود أو محور.

أُسْرب : لفظ فارسي بمعنى معدن «الرصاص».

اسْطُقس : أو اصطقس، لفظ إغريقي بمعنى عنصر أو ركن.

اسفاذروح : كلمة فارسية الأصل، مكونة من مقطعين هما: سفيد، رو.

اسفاذروه : بمعنى برونز أبيض، ولعل كلمة اسفاذروه لفظ محرّف عن اسفاذروح (White Bronze).

إسكرجة : راجع سكرجة.

آلات روحانية : ترتيبات أو حيل تعتمد في عملها على سلوك الهواء، ولما كان هذا الأخير غير مرئي، فإن الحركات الناتجة عنه تبدو من فعل الأرواح، ومن هنا جاءت ـ استنتاجا ـ تسمية «الروحانية».

أنبوب : جسم أسطواني مجوف يسير فيه المائع (Tube).

أنثى : أنثى الصمام قاعدته التي يقابلها الجزء السدادي (Plug) الذكر وتسمى قاعدة الصمام أيضا «بثور»، وهو الجزء المدخول فيه (Valve Seat).

إنجانة : لعلها صورة مرادفة لكلمة «إجانة».

(ب)

باب : بمعنى صمام، وهو أداة يجري بها التحكم في سريان المائع.

باب المدفع : صمام الطرد أو صمام الخروج، ويوجد على سبيل المثال في النقاطات والزراقات.

باب المنشف : صمام السحب، أو صمام الدخول.

باب ذو قرص ردّاد : صمام ذو قرص مفصلي يسمح بسريان السائل في اتجاه واحد فقط.
(Hinged Clack Valve - Non-Return Valve).

باب مطحون : صمام يتركب من ذكر وأنثى، يدخل الذكر في الأنثى بحيث يكون ملاصقا لها تماما، ويكون السطحان المتقابلان مخروطيين حيث يجري تطبيعهما بحركة ضاغطة دوارة.
ويعرف هذا الصمام بالصمام المخروطي أو صمام الجزرة، وأكثر ما يكون الذكر صنوبري الشكل.
ويقال: انصحن الشيء في الشيء اذا تحرك فيه من دون فرجة بينهما، ويتم فتح وغلق الصمام بادارة الذكر في الأنثى.
(Cone or Conical Valve-Ground-in-Valve)

باب مغيض الماء : باب خروج الماء (Water outlet).

باب مُهنَدم : صمام شغلت أسطحه المتقابلة لتُزوج مع بعضها البعض ازواجا محكما (Tight-fitted Valve).

باطية : جرة كبيرة من الفخار، يطلق عليها في مصر بلاص (وجمعها بلاليص)، وكلمة «باطية» لاتزال تستعمل في تركيا (Pitcher).

بانسقوس : لفظ إغريقي (= أرماريون)، لعل المقصود به آنية مستقبِلة قابلة للتحريك.

بثور : بثور الصمام بمعنى قاعدته (Valve Seat)

بثيون : لفظ من أصل إغريقي بمعنى صمام، وعادة ما يكون ذا محور رأسي، وترد بنفس المعنى الألفاظ: بيثون، فيثون، فثيون.

بخش : ثقب صغير.

بربخ : أنبوب قصير ذو قطر كبير نسبيا.

براني : خارجي.

برج : يطلق على جسم المضخة، أي اسطوانتها.

بركار : لفظ فارسي الأصل، بمعنى جسم يتحرك على استدارة كالرحا، ويعرف في الوقت الحاضر بالفرجار، ويستعمل في رسم الدوائر والأقواس.

بركان السرن : أجنحة السرن (Blades)، أو ريشات السرن (Vanes).

برنية : نوع من الأواني كبير نسبيا (Large Vessel made of earthenware or stoneware)

بزال : بمعنى صمام (Valve)، وعادة ما يكون أفقي المحور (بزْلُ الشراب: إسالته، والبزال موضع البزل، أي التدفق أو الخروج).

بكرة : لفيفة أو عجلة يلف حولها حبل أو سير أو سلسلة لنقل الحركة (وبالتالي نقل القدرة) (Pulley ؛

بلبلة : لفظ من أصل فارسي، بمعنى أنبوب دقيق لسريان السائل.

بلوطة : حديدة على هيئة ثمرة البلوط، ترتكز عليها نهاية المحور أو السهم (مرتكز محوري (Axial or Thrust Bearing) .

بندقة : كرة صغيرة عادة ما تصنع من معدن .

بنكان : خزان أو مستودع (Reservoir) .

بيثون : لفظ إغريقي الأصل بمعنى صمام (أو حنفية) أصل الكلمة : أبيتونيون وأبستوميون .

بيزر : لفظ من أصل فارسي، يقصد به خشبة (أو رافعة أو عتلة أو ذراع) مستدقة، وفي الصحاح للمرعشلي : البزر خشب القصار الذي يدق به .

بيّض : طلي بالرصاص الأبيض أي بالقصدير (Tinning) .

(ت)

تابوت : صندوق مستطيل الشكل يصنع من خشب أو من حجر.

تختجة : والجمع تخاتج، وهي الألواح، والكلمة من أصل فارسي، وتعني لوحا .

ترابزين : لفظ فارسي بمعنى شرفة أو ستارة مخرمة .

تُرس : الترس هو الدرع، والجمع أتراس (Shield) .

ترش : الرش : المطر القليل، والجمع رشاش .

تنور : لفظ فارسي الأصل، بمعنى الموضع الذي يخبز فيه، ويستعمل أيضا في معنى جسم الصمام (Valve Body) .

(جـ)

جاف : مانع لتسرب الماء أو السائل .

جام : وعاء كبير، أو إناء من فضة، كما ترد الكلمة في معنى القرص الصغير (Small Disc or Plate)

جام الجور : إناء يملأ شرابا، ثم ينكس فلا ينصب منه شيء، فيوهم الشارب أنه قد استوفى ما فيه .

جام العدل : إناء يعمل وتركب فيه أنبوبة فوق أنبوبة، وتكون العليا مثقوبة، وأسفل الاناء مثقوب . أو هو إناء يملأ شرابا، إذا زيد فيه شيء فوق المقدار المحدد انصب كل ما فيه .

جامة : قرص صغير جام : لفظ فارسي الأصل بمعنى كأس أو قدح أو وعاء من البرونز.

جرة : وجمعها جرار، وتطلق على إناء من الخزف، ومنها البلاص في مصر، وتبلغ سعته حوالي لترين .

جريدة ودولاب مسنن : مسطرة مستقيمة مسننة تتعاشق مع أسنان عجلة مسننة (Rack and Pinion) .

جذعة : ثقب أو فتحة مشغلة في حجر الأونكس أو الجزع .

جزعة : (حجر الجزع = onyx)، وذلك للحد من التآكل . (Onyx Orifice for controlling flow) .

جمرة : فحمة متقدة .

جناح : والجمع أجنحة، بمعنى ريشات الدواب الدولاب، يصطدم بها السائل المندفع فيديرها .

جنزير : تحريف لكلمة «زنجير» الفارسية الأصل، ويعني بها السلسلة الثقيلة .

جهار اسطون : لفظ من أصل فارسي : جهار بمعنى أربعة ، وإغريقي : أسطون بمعنى عمود أو محور، ومن ثم يشير اللفظ الى جهاز ذي أربعة محاور أو أعمدة .

هذا ويرد اللفظ أيضا على الصورة : شهارسطون ، ولعل هذه الكلمة تشير الى مسنن قفصي ذي

جهْر : لفظ فارسي بمعنى آلة لتشكيل الأسطح الدورانية ، وتعرف هذه الآلة في الوقت الحاضر بالمخرطة (Lathe) .

جوصة : بمعنى خيط فضي أو معدني ملفوف .

(حـ)

حافة : مرتكز داخلي أو خارجي لدولاب مائي .

حبس : منع تدفق السائل بترتيبة تعتمد على حركة الهواء .

حجاب : جدار فاصل بداخل الوعاء .

حدبة : بمعنى نتوء (Cam) ، التحدب ـ التقبب (Convexity) .

حديد : الحديد معدن معروف ، لأنه منيع ، والحديدة أخص منه ، والجمع حدايد .

حق : والجمع أحقاق وحقائق وحقوق .

والحق وعاء صغير ذو غطاء يصنع عادة من زجاج أو من عاج ، أو هو أسطوانة مغلقة من طرف ومفتوحة من الطرف الآخر (Catchpot) .

حنانة : الحنون : ريح لها حنين كحنين الابل ، والحنانة دولاب مائي يصدر عنه صوت حنون .

حوض : مجمع للماء أو للسوائل عموما (Tank or Trough) .

حيزان : ملفوف على حلقات أو وصلات متعاقبة .

(خـ)

خابية : وعاء كبير (Large Vessel, container or reservoir) .

خرزة : مرتكز محوري صغير (Small Thrust Bearing) .

خزانة : ما يخزن أو يجمع فيه .

خوصة : الخوص : ورق النخل ، والواحدة خوصة ، والخوصة المعدنية يقصد بها شريط معدني (Strip - Band) .

(د)

دالية : آلة تسقى بها الأرض العالية ، أو المنجنون يديرها البقر.

دبة : عوامة ـ طفافة (Float) .

دقل : خشبة طويلة تشد في وسط السفينة يمد عليها الشراع

دوقل (ابن منظور)

دَندان : سِنّة ، والجمع دندانجات .

دندانجة : لفظ فارسي بمعنى ذات أسنان .

دوارة ذات أجنحة : دولاب مائي ، أو عنصر دوار (Rotor) ذو ريشات (Blades) يصدم فيها تيار الماء .

دوارة ذات أسنان : دولاب أو عجلة مسننة (Toothed Wheel) تتعاشق مع عجلة قفصية (Cog Wheel) .

دولاب : بمعنى عجلة تدور (Rotating Wheel) .

دولاب الدندانجات : عجلة مسننة (Toothed Wheel) .

دولاب ذو دندانجات

دولاب ذو ريشات : عجلة دوارة مركب على محيطها ريشات (Blades) .

دولاب ذو فرجات : عجلة دوارة مشكل بمحيطها فرجات لمرور الماء ، وتشابه التربينة رد الفعلية (Vaned Wheel) .

دولاب ذو كفات : عجلة دوارة مركب على محيطها كفات يصطدم بها تيار الماء ليكسبها حركة دوارة ، وهذا النوع من العجلات يعرف اليوم بالتربينات الدفعية (Impulse Turbine) (Scoop Wheel - Paddle Wheel) .

دولاب سندي : عجلة دوارة قفصية الشكل (Lantern Pinion) .

(ذ)

ذكر : ذكر الصمام قلبه السدادي الشكل (Plug) ، وهو العنصر المُولَج ، ويسمى ذكر البيثون السهم .

(ر)

ربع : مبيت العوامة (Float Chamber) .

رحى ـ رحا : الرحى معروفة ، وهي قرص مستدير يدار ليقوم بعملية الطحن (Millstone) ، والجمع أرحاء .

ردَّادة : نوع من الصمامات ذات المفصل ، والتي تسمح بمرور السائل في اتجاه واحد فحسب (Clack Valve or Non-Return Valve) .

رزة : الحديدة التي يدخل فيها القفل ، وقد رززت الباب ، أي أصلحت عليه الرزة . والرزة حديدة تدق في الأرض أو في الحائط لربط الفرس .

رصاص أبيض : لعله القصدير (Tin) .

رصاص قلعي : اسم معدن ينسب اليه الرصاص ذو الجودة العالية .

رصرص : غطى برصاص أو بقصدير.

ركن : لفظ يستعمل في معنى مرتكز، غالبا ما يكون للأحمال الكبيرة (Heavy Duty Bearing or Support) .

رمانة : كتلة على هيئة ثمرة الرمان ، تستعمل في القبان العربية (أي مقاييس الوزن العربية) .

روشن : لفظ من أصل فارسي بمعنى نافذة، كذا منير أو مُضيء .

ريشة : في دواليب الماء هي القطعة المعدنية التي يرتطم بها الماء المندفع (Blade) .

ريشات مُورَّبة : (Slanting or Staggered Blades) ريشات مصفوفة بشكل مائل بالنسبة لمحور الدولاب .

زراقة النفط : قاذفة النفط (Naphta Ejector) .

زُرفين : شريحة (Strip)، أو حلقة تُدق على الباب أو الصندوق بغرض قفله .

زرنوق : آلة تسقى بها الأرض العالية .

زفت : القير، جرة مزفتة ، أي مطلية بالزفت .

زق : الزق : السقاء ، وجمع القلة أزقاق ، والكثير زِقاق وزُقّان .

زنجير : لفظ فارسي الأصل بمعنى سلسلة ثقيلة .

(س)

سارقة الماء : مثعب أو سيفون بسيط (Simple Siphon) .

ساروج : كذا «صاروج» و«صهروج» ، نوع من الملاط تملط به الأحواض .

ساقطة : أرضية متحركة ، سقاطة (Latch) .

ساقية : دولاب ماء عادة ما يدار بدابة لرفع الماء الى جهة العلو .

سحارة : مثعب أو سيفون بسيط ، أو سارقة الماء ، ومنها السحارة المصرية ، والسحارة المعوجة .

سحارة مخنوقة : وتعرف أيضا بالمثعب المغلف أو المزدوج ، حيث يستعمل جيب الهواء المحبوس بها لاحداث إعاقة اختيارية لتدفق السائل (Jacketed Siphon) .

سحارة مصرية : مثعب أو سيفون بسيط ، وينسب الى قدماء المصريين باعتبارهم أول من وقفوا عليه ، كما تشهد على ذلك نقوشهم .

سحق : مخلخل (الهواء) .

سراج : مصباح (Lamp) .

سرن : دولاب مائي (Water Wheel) ، وتستعمل الكلمة أيضا بمعنى عمود أو محور دولاب الماء .

سرن الرحى : رحو الشيء : أداره .
سرن الرحى هو الدوارة التي يضربها الماء فتدور، وجمعها أرحاء .

سطام : حد السيف (ابن منظور) . أو حديدة عريضة الرأس تحرك بها النار.

سفُّود : على وزن تنور: الحديدة التي يشوى بها اللحم (مختار الصحاح) .

سكُرّج سكُرّجة : مرتكز حامل للطرف السفلي لعمود رأسي ، أي مرتكز محوري أو دفعي (Axial or thrust Bearing) .
سكرجة : لفظ فارسي الأصل بمعنى إناء صغير أو صحن .
اسكرجة : يقصد بها مرتكز محوري صغير لعمود رأسي . (Small Thrust Bearing) .

سلجمة : سلجم = شلجم لفظ فارسي الأصل ، وهو اسم لنبات زراعي دهني .

سن وطارح : سقاطة وموقف (Ratchet & Pawl) أو ترس وماسك .

سُنباذَج : بمعنى سنفرة لتنعيم الأسطح (Emery) .

سندروس : نوع من الشجر يخدش فيسيل منه صمغ العرعر الأحمر.

سهم : يطلق ـ في صنعة الآلات ـ على المحور، وفي الفوارات والمضخات على الماء النافث (Water Jet) .

سوسن : زهرة الوادي ، وتطلق على الفوارة التي تماثل شكلها.

سوسنة (Shape of Fountain)

سير : السير: ما يُقَدُّ من الجلد ، والجمع : سيور.

سية : سية القوس طرف قابها ، وقيل رأسها ، وقيل ما اعوج من رأسها (عن ابن منظور) .

(ش)

شادوف : أداة لرفع الماء عرفها المصريون القدماء ، وتقوم على مبدأ الرافعة أو العتلة .

شاذروان : لفظ من أصل فارسي ، يطلق على صُفَّة أو سياج حول البناء متصل به .

شاذوران

شاغول : أداة لتحديد الخط الرأسي ، وتتكون من ثقل صغير مدبب الرأس يتدلى من خيط (Plumb-bob) .

شاقول

شبه : ضرب من النحاس ، لعله النحاس الأصفر.

شظية : حدبة ـ رافعة إعتاق ـ مشغل . (Cam, Trip Lever, Activator) .

شوزكة : أداة مدببة .

شيشا : لفظ فارسي الأصل يعنى «وعاء زجاجي » ، وهو ما يعرف أيضا بالأرجيلة أو النرجيلة .

شيشة

(ص)

صاروج : راجع «ساروج» .

صفارة : أداة تحدث صوت صفير نتيجة مرور الهواء في ترتيبة تعمل بالهواء .

صُفر : برونز (Bronze) .

صلايًا : وأيضا : صلاءة ـ الحجر العريض الذي يدق عليه (Grindstone) .

صهريج : لفظ من أصل فارسي ، بمعنى حوض .

صولجان : عود معوج ، عصا الملك ، والجمع : صوالجة .

صينية : صحيفة من الصيني ترد من الصين .

(ض)

ضمامة : غطاء آنية .

(ط)

طارح : ممساك ـ سقاطة توقيف (Pawl, Latch, Catch) .

طرجهار : نوع من الساعات (راجع آلات الساعات) .

طرجهاره

طَسْت : لفظ فارسي الأصل من «تَشْت» ، يطلق على الوعاء المعدني الكبير المستعمل عادة في الغسيل .

طَشْت

طفاف طفافة : عوامة ، أي جسم طاف (Float)

طفح : فاض وتجاوز الحد المسموح به أو المقدر له . (Overflow - Overfill)

(ع)

عارضة : عتب أو ذراع مستعرض (Cross Beam)

عَرَبة : والجمع عُرُب ـ طاحونة تنصب في سفينة .

عروة : خية أو أنشوطة ، مثل عروة الابريق .

عقدة : العقدة بالضم : موضع العقد ، وهو ما عقد عليه ، وقد تستعمل العقدة كوحدة للقياس .

عوامة : جسم دائم الطفو ـ أي جسم عائم = طفاف أو طفافة أو دبه .

عود : والجمع أعواد ، وتطلق على أذرع الدولاب أو العجلة المسننة .

(غ)

غراء : كل ما يستخدم للصق الأخشاب بعضها مع بعض .

غراب : يأتي في صنعة الآلات بمعنى كابس (Piston) ، كذا بمعنى خطاف .

غراف : مكيال ضخم .

غرافة : آلة تسقى بها الأرض المرتفعة .

(ف)

فتح : فتحة بمقاس العجلة ، وربما يعني بها «القطر» .

فثيون : راجع بيثون وفيثون .

فرجة : فتحة ، انفراج ، تباعد .

فيتون : راجع بيثون وفيثون .

فيثون : لفظ من أصل إغريقي ، بمعنى صمام (أو حنفية) ، عادة ما تكون ذات محور رأسي . وأصل الكلمة : أبيتونيون وأبستوميون .

وفيما يلي الصور التي وردت عليها في الترجمات والمصنفات العربية :

فيثون : عند فيلون البيزنطي ،

فثيون ، بثيون : عند بني موسى بن شاكر ،
فيتون ، فثيون : عند بديع الزمان ابن الرزاز الجزري ،
بثيون : عند رضوان الساعاتي .
وهذا الصمام عادة ما يكون رأسيا (Vertical Tap) .

فُلكة : قرص ، أو أداة لصناع الأحذية للضم الابرة ، وكلمة «فَلَك» تعني في الفارسية : الكرة الدائرة .

فوارة نافورة تنفث الماء (Fountain with Water Jet) .

(ق)

قادوس : والجمع أقداس وقواديس ، والقادوس : علبة على هيئة هرم مقلوب ، والقادوس أيضا وعاء كبير قمعي الشكل يلقى فيه الحب لينزل الى دولاب الطحين .

قامة : القامة : البكرة بأداتها ، والقامة أيضا بمعنى القد .

قب : القب : الخشبة التي في وسط البكرة وفوقها أسنان من خشب ، والقب أيضا ذراع أو عتلة الميزان .

قبابة ، قنينة : أوعية من الزجاج أو نحوه على أشكال شتى (Flasks) .

قارورة

قدر : حق ، أصيص من خزف أو من معدن (Pot) .

قسط : مكيال ، وهو نصف صاع .

قطارة : والجمع قطارات ، والقطارة آلة يقطر منها الماء أو غيره .

قطب : تستعمل هذه الكلمة ـ في مجال صنعة الآلات ـ بمعنى قضيب أو محور.

قلّة : إناء للعرب كالجرة الكبيرة .

قَلْع ، قَلْعي : ينسب اليه الرصاص الجيد .

قُلنسوة : غطاء للرأس مستدير مسطح .

قماط : سير أو قشاط (Band, Belt or Roll of Leather) .

قمع : مخروط أجوف من زجاج أو من غيره تمتد قمته على شكل أنبوبة (Funnel) .

قنان : نشر الرائحة الزكية .

قناة : عود الرمح ونحوه ، كذا القناة بمعنى مجرى مائي .

قنبعة : الورقة السفلى التي تخرج الزهرة من إبطها .

قنينة : ما يجعل فيه الشراب (Flask - Bottle) .

قير : زفت .

كاغد : لفظ فارسي الأصل ، بمعنى ورق .

كرثل : مؤخرة السفينة حيث مبيت الملاحين وأمتعتهم .

كلس : الكلس : الصاروج يبنى به ، والتكلُّس : ترسب الجير. والكلس : أكيد الكلسيوم الناتج عن احراق حجر الكلس .

كندرة : مجثم الطير (Perch of a bird) .

كوب : كوز لا عروة له ، والجمع أكواب .

كوز : وعاء معروف ، وجمعه كيزان ، وأكواز وكوزة ، اكتاز الماء : اغترفه .

كيل : الكيل : المكيال .

(م)

مأصر : سلسلة أو حبل يشد معترضا في النهر يمنع السفن من السير.

ماديك : عضو مؤنث ، من الفارسية : مادة ، وهي لاحقة للدلالة على الأنثى .

مادين : أنثى ـ مادينه : النسبة الى «مادة» ، أي أنثوي .

ماورد : ماء ورد .

مبزل : المبزل : ما يصفى به الشراب .

البزل : إسالة الخمر من الدن .

مجمرة : الجمر: جمع جمرة من النار.

المجمرة : اسم الشيء الذي يجعل فيه الجمر.

محبرة : الحبر: الأثر، كذا المداد يكتب به .

المحبرة : ما يستمد منه الحبر.

محور : يطلق عادة على العمود الأسطواني الشكل ، المستدير المقطع (Axle) ، كما يطلق على الخط المستقيم المار بوسط العمود ، كذا على القطب .

مخبرة : المُخبرة والمَخبرة ، وهي نقيض المرآة .

مخنوقة : راجع سحارة مخنوقة .

مدحرجة : المدحرج : المدور ـ دحرج الشيء دحرجة ودحراجا فتدحرج .

مدفع : المدفع : واحد مدافع المياه التي تجري فيها ، المدفع بالكسر: الدفوع .

مُدهن : قارورة الدهن .

مِرَشَّة : الرش : المطر القليل ، والجمع : رشاش ، المرشة : الرشاشة ، آلة للرش .

مركب : مؤلف من مكونات بسيطة .

مرود : قضيب رفيع يكتحل به ويطلق مجازا على محور البكرة .

مُزَمَّلة : وعاء من طين أو طفلة يغلف بقماش مبلول لتبريد الماء .

مسبل : باب مسبل بمعنى مصيدة، وهو باب ذو مفصل علوي، ويفتح من أسفل.

مسرجة : مصباح يعمل بالزيت.

مسطار : والمصطار: ضرب من الشراب فيه حموضة.

مسيل : موضع أو مجرى سيلان أو سريان السائل.

مشوزكة : لفظ لعله مأخوذ من اللغة السنسكريتية: ماسوركة، بمعنى وسادة أو ناموسية بعوض، كما ترد بمعنى سلبية أو ذات ميل.

مصب : ميزاب، كذا بلبل الوعاء أو الابريق.

مصراع : مصراع الباب ضلفته.

مصفاة : صفوة الشيء: خالصه، والمصفاة أداة للتنقية من المواد الغريبة (Strainer).

مطحون : راجع «باب مطحون».

المطحون صفة شبيهة بالمهندم، إلا أن العنصر الأساسي فيه يمكن تحريكه حركة دورانية.

مغربل : آلة للغربلة تفرق الحبوب عن الغلث.

مغرفة : ملعقة كبيرة يغترف بها.

مغمز : أداة إحداث نقلة أو حركة.

مغناطيس : حجر يجذب الحديد.

مغيض : غاض الماء يغيض غيضا، أي قل ونضب، المغيض: منخفض تتجمع فيه المياه.

مقلب : مثعب أو سيفون (Siphon)، وهو أنبوب مشكل على هيئة حرف U، بحيث يكون أحد الفرعين أطول من الآخر ليقوم بعمله كمثعب أو ساحب للماء.

مكبة : والجمع مكبات ومكاب، والمكب ما يلف عليه الغزل أو الخيوط، وقد تستعمل كلمة قبة كاسم مرادف أو بديل لكلمة مكبة.

مكحلة : يوصف بها الوعاء الذي يوضع فيه الكحل، ويطلق هذا اللفظ على نوع من المرتكزات المحورية أو الدفعية، (Axial or Thrust Bearing or Support) حيث إن المكحلة هي مرتكز للمردود، وهو العمود الرأسي الذي يولج في المكحلة، وتطلق تسمية مكحلة على نوع من المدافع.

ملبن : لعله حامل للطابوق يماس الجدار من جهاته الأربع وله حافة مرتفعة.

ملحم : لاحمت الشيء بالشيء، اذا ألصقته به.

ملحوم : اللحام: وصل المعادن باستخدام الحرارة أو الضغط الشديد.

ملصق : مدمج أو ملحم.

مليار، منيار : مرجل أو غلاية: إناء كبير يسخن فيه الماء.

منشف : راجع «باب المنشف».

منجنيق : آلة حربية تقذف بها الحجارة والمواد المشتعلة (Catapult - Mangonel - Ballister - Trebuchet) .

منجنون : آلة لري الأرض العالية .

منفذ : فتحة أو طريق يقود من مكان الى آخر.

منيار : راجع «مليار» .

مورب : الوارب : الحاجز المائل (Slanting) ، أو المسار المائل ، أو الترتيب المائل (Staggered) .

موضيء : ما يتوضأ به .

موم : الموم : الشمع ، معرب .

ميدزد : كلمة فارسية الأصل ، بمعنى سارق الشراب .

مُهندَم : لفظ من أصل فارسي : هندام . والمهندم بمعنى مطبع على الجسم ، أو مزوج إزواجا ضيقا معه ، مثال : صمام مهندم (Tight or Close Fit) .

ميزاب : قناة أو مجرى مياه (Channel) ، والجمع : ميازيب .

ناعورة : آلة لسقي الأرض على جهة العلو، تشبه الساقية ، حُرِّفت إلى Noria والناعورة واحد النواعير. «مختار الصحاح»

نجر : نجر الخشبة : نحتها .

نرمادَجة ، نرماذجة : لفظ فارسي الأصل بمعنى ذراع توصيل ، أو جانب من وصلة أو قارنة ، والجمع : نرمادجات . (Link, Coupling, one Section of Hinge) .

نسافة ، نسيفة : نفاضة ، آلة تنقي الحبوب بتيار من الهواء .

نضاحة : النضح : الرش ـ النضاحة : آلة ترش السوائل على هيئة نقطيات دقاق .

نضاخة : النضخ أكثر من النضح .

نقارة : النقرة : الحفرة الصغيرة في الأرض ، وفي هذا المعنى تكون النقارة آلة إحداث النقر.

نقاطة : آلة تحدث نقطا .

نهاذج : كلمة فارسية الأصل ، وتعني «مفصل» (Hinge) رلاةواللفظ مُحرَّف عن نعاورة .

نورية : نوع من السواقي (Noria) واللفظ مُحرَّف عن ناعورة .

(هـ)

هندام : لفظ فارسي بمعنى أن يلتصق الشيء بآخر، وذلك بضبط مقاسات الجسمين المتقابلين (Fitting) ، والاسم «مهندم» ، وبذلك يصعب تحريكه مع عدم إلصاقه أو لحمه بلحام .

٢ ـ آلات الساعات

بنكام : بمعنى ساعة لبيان الوقت، واللفظ فارسي الأصل، والجمع بناكيم وبنكامات (Water Clock) (بنوموسى ـ الجزري) .

بنكان : لفظ فارسي الأصل بمعنى خزانة (بنو موسى ـ رضوان الساعاتي) (Water Clock) .

دبة الساعات : عوامة تستعمل في الساعات المائية (فيلون البيزنطي ـ الخوارزمي ـ بنو موسى بن شاكر (Float) .

رخامة : اسم يطلق على الساعات الشمسية (Sun Dial) . (ثابت بن قرة ـ الخوارزمي) .

ردأدة : صمام غير رجوعي (Clack Valve) .

صندوق الساعات : الصندوق الحاوي لمكونات الساعات . (الخوارزمي) .

طرجهار، طرجهارة : نوع من الساعات به وعاء ينتهي بفتحة دقيقة للتحكم في سريان الماء (الخوارزمي) .

فنكام : لفظ فارسي الأصل، بمعنى ساعة لقياس الزمن، والجمع فناكيم . (بنو موسى، الجزري) .

فنكان : لفظ فارسي الأصل بمعنى ساعة لقياس الزمن، والجمع فناكين، مثال : فنكان الشمعة (Candle Clock) (بنو موسى ـ الجزري) .

مكحلة : تستعمل بمعنى مرتكز محوري (Thrust Bearing) يرتكز عليها الطرف السفلي للعمود . (الخوارزمي ـ بنو موسى بن شاكر) كما تُطلق هذه التسمية على نوع من المدافع

منكاب : بمعنى ساعة لبيان الوقت (ابن الرزاز الجزري) .

٣ ـ آلات شيل وجرّ الأثقال
آلات الحرب

أبومخليون : حجر يوضع تحت المخل لتسهيل تحريك الثقل (الخوارزمي) .

إسطام : حديدة تكون في طرف السهم حيث يعلق حجر الرمي (في الآلات الحربية) (الخوارزمي) .

إسفين : جسم مسلوب الشكل، يولج طرفه الحاد تحت الأجسام الثقيلة، ويدق حتى يدخل تحتها ليرفعها عن الأرض، أو ليقتلع حجارة من جبل . (الخوارزمي) .

إسقاطولي : خشبة مربعة تستعمل في آلات جر الأثقال .

بارم : خشبة لتحريك الأجسام الثقيلة، واللفظة فارسية الأصل . (الخوارزمي) .

برطيس : فلكة كبيرة تستعمل في جر الأثقال، واللفظ من أصل يوناني بمعنى المحيطة . (الخوارزمي) .

بيرم : خشبة لتحريك الأجسام الثقيلة . (الخوارزمي) .

خنزيرة : من آلات جر الأجسام الثقيلة، تشبه البكرة إلا أنها طولانية الشكل . (الخوارزمي) .

سهم : خشبة طويلة مستوية كالجذع . (الخوارزمي) .

شاغول : راجع «شاقول».

شاقول : حبل رأسي يشده ثقل عند طرفه السفلي، ويحتاج إليه بصفة خاصة في أعمال البناء لترتيب الخطوط الرأسية. (الخوارزمي).

عرادة : آلة حربية أصغر من المنجنيق. (الخوارزمي).

غالاغرا : معصرة للزياتين. (الخوارزمي).

غوارة : والجمع غوارات، وهي التي تعمل في الحياض والحمامات ونحوها، يغور منها الماء في أشكال مختلفة. (الخوارزمي).

قلس : حبل غليظ يستعمل في شد السفن وغيرها. (الخوارزمي).

كثيرة الرفع : آلة تشتمل على مجموعة من العوارض والبكرات والقلوس تستعمل في جر الأجسام الثقيلة.

كونيا : الكونيا آلة لتقدير الزاوية القائمة. (البوزجاني - الخوارزمي).

لولب : سطح أو جسم ملتو على هيئة حلزون صاعد أو هابط.

مُخْل : خشبة مدوة أو مثمنة تستعمل لتحريك الأجسام الثقيلة، واللفظ من أصل إغريقي. (الخوارزمي).

مقاط : حبل دقيق يفتل من خيوط الغزل أو الكتان، ونحوه. (الخوارزمي).

منجنيق : والجمع مجانيق، والمنجنيق آلة حربية لرمي الحجارة وغيرها، والكلمة فارسية الأصل، وتتكون من ثلاثة مقاطع هي:
من: ضمير المتكلم المفرد أنا،
جه: الهاء الساكنة تقرأ ياء،
نيك: صفة مشبهة في الفارسية بمعنى حسن، عرب المقطع بإبدال الكاف قافا: نيق.
وفي قول آخر ترد الكلمة الى أصل إغريقي. (الخوارزمي).

منجانيقون : لفظ من أصل إغريقي بمعنى صناعة الحيل، مثل جر الأجسام الثقيلة بالقوة اليسيرة. (الخوارزمي).

٤ - آلالات الرصْدية وأجزاؤها

أسطرلاب، اصطرلاب : كلمة إغريقية الأصل مكونة من مقطعين هما
أسطرو: بمعنى النجم، ولابون: بمعنى مرآة، ويكون أصل الكلمة (astrolabon أسطرلابون، أي مقياس النجوم.

اصطرلاب، ابن السرّاج : آلة فلكية جامعة من اختراع ابن السراج الحموي (ت: ٧٢٦هـ = ١٣٢٦م.

الاصطرلاب : أشكال الاسطرلاب/ الاصطرلاب:

الأسطرلاب	الاسطواني الشمالي المسطح
	الآسي الصدفي الهلالي
	الثوري الصليبي
	الجنوبي الطبلي
	الرصدي الطوماري
	الزورقي العقربي
	السرطاني القوسي
	السطري المبطح
	الشقائقي المسرطن
الاصطرلاب	: أنواع الأسطرلاب / الاصطرلاب
	١ ـ اصطرلاب يمثل مسقط كرة سماوية على سطح مستو.
	أو ٢ ـ مسقط هذا المسقط على خط مستقيم .
	أو ٣ ـ الكرة بذاتها بلا إسقاط .
الاصطرلاب التام	: الاصطرلاب المعمول لدرجة درجة ، أي بتدريج درجة درجة . (الخوارزمي) .
الاصطرلاب التسعي	: الاصطرلاب المعمول لتسع درجات تسع درجات (وحدة التدريج = ٩ درجات) .
الاصطرلاب الثلث أو الثلاثي	: الاصطرلاب المعمول لثلاث درج ثلاث درج (وحدة التدريج ٣درجات) .
الاصطرلاب الجنوبي	: اصطرلاب سطحي يكون فيه مستوى المسقط مماسا للقطب الجنوبي .
الاصطرلاب الخطي	: راجع «عصا الطوسي» .
الاصطرلاب الخمس أو الخمسي	: الاصطرلاب المعمول لخمس درجات خمس درجات (وحدة التدريج = ٥ درجات) .
اصطرلاب الزرقالة أو الصحيفة الزرقالية	: اصطرلاب اخترعه الزرقالي أو الزرقالة القرطبي الأندلسي[1](المتوفى سنة ٤٩٣هـ = ١١٠٠م) ويُعرف هذا الاصطرلاب أيضا «بالعبأدية» نسبة الى عبّاد ملك اشبيلية (٤٦١ ـ ٤٨٤هـ) = (١٠٦٨ ـ ١٠٩١م) .
الاصطرلاب السدس أو السدسي	: الاصطرلاب المعمول لست درج ست درج (وحدة التدريج = ٦ درجات) .
الاصطرلاب السطحي	: راجع «ذات الصفائح» .
الاصطرلاب الشمالي	: اصطرلاب سطحي يكون فيه مستوى المسقط مماسا للقطب الشمالي .
الاصطرلاب العشر أو العشري	: الاصطرلاب المعمول لعشر درج عشر درج (وحدة التدريج = ١٠ درجات) .

(١) هو أبوالحسن ابراهيم بن يحيى النقاش المعروف بالزرقاني أو الزرقالة .

الاصطرلاب الكري : اصطرلاب يمثل الحركة اليومية للكرة بالنسبة لأفق مكان معلوم دون الالتجاء الى المسقط، فهو بذلك يختص بتعيين ارتفاعات الكواكب عن خط الأفق.

أو الأكرى ويتألف هذا الاصطرلاب من كرة معدنية، وعنكبوت أو شبكة، وصفيحة معدنية ضيقة منطبقة تماما على سطح الشبكة، وعقرب، ومحور يخترق كلا من الكرة المعدنية والشبكة أو العنكبوت.

الاصطرلاب المسطح : راجع «ذات الصفائح».

الاصطرلاب النصف : الاصطرلاب المعمول لدرجتين درجتين (وحدة التدريج = درجتان).

أو النصفي

الاصطرلاب الهلالي : اصطرلاب يتخذ شكل الهلال.

اصطرنوميا، اسطرنوميا : كلمة من أصل إغريقي بمعنى علم النجوم، أي علم الفلك أو الهيئة. (راجع اصطرلاب).

الأم : من أجزاء الاصطرلاب، وهي عبارة عن قرص مستدير ذي حافة تعرف بالكفة أو الحجرة أو الطوق وبذلك تتخذ شكل العلبة، فتوضع بداخلها الصفائح الباقية، ويبلغ عددها عادة تسع صفائح.

البوصلة : أداة معروفة لتعيين اتجاه القطبين باستخدام الابرة المغناطيسية.

البيضة : آلة رصدية تعرف بها هيئة الفلك، وصورة الكواكب، وتسمى أيضا: الكرة.

الحجرة : الحلقة المحيطة بالصفائح الملصقة بالصفيحة السفلى للاصطرلاب، وقد تكون مقسومة بثلاثمائة وستين قسما.

الحلقة الاعتدالية : حلقة تنصب على سطح دائرة المعدل، يعلم بها التحويل الاعتدالي بقياس أقواس على دائرة المعدل.

خط الاستواء : الخط المقسوم الآخذ من المشرق الى المغرب، المار على مركز صفيحة الاصطرلاب.

خطوط الساعات : خطوط متباعدة تقع تحت المقنطرات في آلة الاصطرلاب.

خط نصف النهار : الخط القاطع لخط الاستواء على زوايا قائمة وابتداؤه من العروة.

دائرة المعدل : آلة فلكية جامعة من اختراع عزالدين الوفائي الفلكي المصري (المتوفى سنة ٨٧٤هـ = ١٤٦٩م).

ذات الأوتار : آلة رصدية ذات أربع أسطوانات مربعة، بها يعلم تحويل الليل، وتغني هذه الآلة عن الحلقة الاعتدالية

ذات الجيب : آلة رصدية شبيهة بذات الشعبتين، بها مسطرتان منتظمتان.

ذات الحلق : آلة رصدية تتكون من حلق متداخلة ترصد بها الكواكب، وهي أول آلة رصدية صنعت في الحضارة الاسلامية، صنعها ابن خلف المروزي من النحاس.

وتتركب ذات الحلق من خمس دوائر عظمى متحدة تمثل:

- دائرة معدل النهار،
- الدائرة الشمسية،
- دائرة منطقة البروج،

ـ دائرة العروض،
ـ دائرة الميل التي بها يعرف سمت الكواكب.

ذات السمت والارتفاع	: آلة رصدية مهمتها ـ كما يبين من اسمها ـ قياس زاويتي السمت والارتفاع. وقد شقت كلمة السمت طريقها الى الغرب فكانت كلمة: (Azimut, Azimuth).
ذات الشعبتين	: آلة رصدية تتكون من ثلاث مساطر منتظمة على كرسي، وتستعمل في تعيين الارتفاعات.
ذات الصفائح	: الاسطرلاب السطحي أو المسطح. ويتخذ شكل قرص ذي عروة تسمى الحبس، تتصل بحلقة أو علاقة، ويتألف هذا الاصطرلاب من الأجزاء الآتية: الأم ـ الصفائح أو الأقراص المستديرة ـ العنكبوت أو الشبكة ـ العضادة أو المسطرة.
ذات النقبتين	: آلة رصدية.
الربع التام	: آلة رصدية على شكل ربع دائرة (ومن هنا جاءت تسميتها بالربع) تؤخذ بها الارتفاعات وتستخرج وتقدر بها الساعات. وتنسب هذه الآلة لأبي الحسن علاء الدين الانصاري المعروف بابن الشاطر (وكان حيا بين سنتي ٧٠٤، ٧٧٧هـ = ١٣٠٤، ١٣٧٥م).
الربع المسطري	: آلة رصدية.
الزرقالة	: راجع طبق الزرقالي، اصطرلاب الزرقالة، أو الصحيفة الزرقالية.
الشبكة	: راجع «العنكبوت».
الصفيحة الآفاقية	: صفيحة تصلح لجميع العروض وتسمى: جامع العروض، أو الصفيحة الجامعة.
الصفيحة الجامعة	: صفيحة تصلح لجميع العروض، وتسمى: جامع العروض، كذا الصفيحة الآفاقية.
صندوق اليواقيت	: آلة فلكية جامعة من اختراع أبي الحسن علاء الدين علي بن ابراهيم الأنصاري المعروف بابن الشاطر (وكان حيا بين سنتي ٧٠٤، ٧٧٧هـ = ١٣٠٤، ١٣٧٥م). وتشتمل هذه الآلة على إبرة مغناطيس، ورسوم لتحديد اتجاه القبلة، فضلا عن ساعة شمسية، ودائرة استوائية لقياس الوقت ليلا ونهارا، وأقواس لعروض مختلفة بقصد قياس المطالع الفلكية.
طبق	: راجع اصطرلاب الزرقالة.
الزرقالي	: وينسب لأبي الحسن ابراهيم بن يحيى التجيبي النقاش المعروف بالزرقالي أو الزرقالة القرطبي الأندلسي.
طبق المناطق	: آلة رصدية يمكن بها الحصول على تقاويم الكواكب وعرضها وبعدها، مع تقدير الخسوف والكسوف وما يتعلق بهما. وقد صنع هذه الآلة ـ لمرصد سمرقند ـ غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي (المتوفى سنة ٨٣٩هـ = ١٤٣٦م).

العبأدية : راجع «اسطرلاب الزرقالة».

عصا الطوسي أو الاصطرلاب الخطي : آلة رصدية من اختراع شرف الدين المظفر بن محمد الطوسي (ت: ٦١٠هـ = ١٢١٤/٣م).

العضادة : أداة على هيئة مسطرة لها شظيتان، تسمى اللبنتين، وفي وسط كل لبنة ثقبة، وتسمى دفة أو هدفا، وتركب العضادة على ظهر الاصطرلاب، وبها يؤخذ ارتفاع الشمس والكواكب.
وقد انتقلت هذه الكلمة الى الغرب حيث يطلق على هذه الأداة (Alhidade).

العنكبوت : شبكة الاصطرلاب التي عليها البروج، والعظام من الكواكب الثابتة، وهي صفيحة موضوعة فوق أخواتها في مكانها من الأم.

الفرس : قطعة شبيهة بالفرس، يشد بها العنكبوت على صفائح الاصطرلاب.

القطب : الوتد الجامع للصفائح والعنكبوت في الاصطرلاب.

الكرة : آلة رصدية بها تعرف هيئة الفلك، وصورة الكواكب، وتسمى أيضا: البيضة.

اللبنة : جسم مستو مربع الشكل يستعمل في قياس زاوية ميل الجرم السماوي، والأبعاد القوسية للكواكب، كذا في تعيين درجة عرض المكان.

لوح الاتصالات : آلة رصدية من اختراع غياث الدين جمشيد بن مسعود الكاشي (المتوفى سنة ٨٣٩هـ = ١٤٣٦م).

المري : زيادة عند رأس الجدي يماس الحجرة، ويسمى مريا لأنه يرى أجزاء الفلك.

المسطرة : راجع «العضادة».

المشبهة بالناطق أو المشبهة الناطقة : آلة رصدية ذات ثلاث مساطر: اثنتان منتظمتان انتظام ذات الشعبتين، وتستخدم هذه الآلة في قياس البعد القوسي بين الكوكبين.

المقنطرات : هي الخطوط المقوسة المتضايقة المرسوم فيما بينها أعداد درج الارتفاع في الصفيحة، وفوقها يجري العنكبوت، وقد انتقلت هذه الى الغرب دون أن يمسها أي تحوير: Almuquantarat.

منطقة البروج : منطقة في عنكبوت الاصطرلاب مقسومة بدرج البروج.

٥ ـ الآلات الموسيقية

إبريق : اسم لعنق العود، بما فيه من آلات. (الخوارزمي)

إرخاء : نقيض المد (الخوارزمي).

الأرغانون : آلة موسيقية لليونانيين والروم. (الخوارزمي).

بربط : البربط هو العود، واللفظ فارسي الأصل، يرجع الى «بريت»، أي صدر البط، حيث ان صورته تشبه صدر البط وعنقه. (الخوارزمي).

جس : الجس هو عملية نقر الأوتار بالسبابة والابهام دون المضراب. (الخوارزمي).

حنانة : آلة تعمل فتحن بصوت مثل صوت المعازف والمزامير، والجمع حنانات. (الخوارزمي).

الخرق : هو عملية مد الوتر. (الخوارزمي).

دستان : والجمع دساتين، وهي الرباطات التي توضع الأصابع عليها. والدستان أيضا هو اسم لكل لحن من الألحان المنسوبة الى باربد. (الخوارزمي).

زمر (زمار) : مزمار رأسي.

السرناي : هو الصفارة، وكذلك اليراع. (الخوارزمي).

شعيرة المزمار : رأس المزمار الذي به يضيق ويوسع. (الخوارزمي).

الشلياق : آلة ذات أوتار لليونانيين والروم، تشبه الجنك. (الخوارزمي).

الشهروذ : آلة موسيقية محدثة، أبدعها حكيم بن أحوص السفدي ببغداد، سنة ٣٠٠هـ = ٩١٢م. (الخوارزمي).

الصَّنْج : بالفارسية: جنك، وهو ذو الأوتار (الخوارزمي). قال الخليل بن أحمد الفراهيدي: الصنج ـ عند العرب ـ هو الذي يكون في الدفوف يسمع له صوت كالجلجل، أما ذو الأوتار فهو دخيل معرب. والصنَّاج عازف الصنج، والجمع صناجون.

الطنبور الميزاني : هو الطنبور البغدادي الطويل. (الخوارزمي).

العنق : الرباب، آلة موسيقية معروفة لأهل فارس وخراسان. (الخوارزمي).

عينا العود : هما النقبتان اللتان على وجهه. (الخوارزمي).

القيتارة : آلة موسيقية لليونانيين تشبه الطنبور. (الخوارزمي).

اللور : هو الصنج باليونانية. (الخوارزمي).

المستق : آلة موسيقية عند أهل الصين، تُعمل من أنابيب مركبة، واسمها بالفارسية: بيشه مشته. (الخوارزمي).

مشط العود : هو الشبيه بالمسطرة التي تشد عليها الأوتار من تحت أنف العود، وهو مجمع الأوتار من فوق. (الخوارزمي).

مضراب : المضراب هو ما تضرب به الأوتار. (الخوارزمي).

المعزفة : آلة موسيقية ذات أوتار ـ لأهل العراق. (الخوارزمي).

الملاوي : الأداة التي تلوى بها الأوتار إذا سويت. (الخوارزمي)

الموسيقى	: لفظ يوناني بمعنى تأليف الألحان . (الخوارزمي)
الموسيقار	: لفظ يوناني بمعنى مؤلف الألحان ، والمطرب .
الموسيقور	(الخوارزمي)
الناي	: هو المزمار، آلة موسيقية تعمل بالنفخ . (الخوارزمي)

خلاصـــة

تعرض هذه الدراسة لما أسماه العرب والمسلمون بالهندسة الحسية (أو العملية أو التطبيقية)، ونشير إليها هنا «بهندسة الحركات» تمييزا لها عن هندسة الأشكال.

ومن رواد هندسة الحركات في العالم الاسلامي أشرنا بوجه خاص الى أعمال خمسة منهم هم :

١ ـ بنو موسى بن شاكر (من القرن ٣هـ = ٩م)، وكتابهم «كتاب الحيل».

٢ ـ محمد بن أحمد بن يوسف الخوارزمي الكاتب (من القرن ٤هـ = ١٠م)، وكتابه «مفاتيح العلوم».

٣ ـ بديع الزمان اسماعيل بن الرزاز الجزري (من القرن ٦هـ = ١٢م)، وكتابه «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل».

٤ ـ رضوان بن محمد الساعاتي الخراساني الدمشقي (من القرن ٦/٧هـ = ١٢/١٣م)، وكتابه «علم الساعات والعمل بها».

٥ ـ تقي الدين محمد بن معروف الراصد الدمشقي (من القرن ١٠هـ = ١٦م)، وكتابه «الطرق السنية في الآلات الروحانية».

هذا ونرسم فيما يلي القسمات العامة لمساهمة العرب والمسلمين في «هندسة الحركات» أو «صنعة الآلات» حيث تشمل انجازاتهم المجالات الآتية :

١ ـ ابتكار مجموعة من الساعات بأنواعها المختلفة.

٢ ـ عمل مجموعة كبيرة من الآليات المائية سموها الأواني العجيبة بما في ذلك من تطوير صمامات التحكم في سريان الماء، واستخدام السحارات وسارقات الماء.

٣ ـ إدخال فكرة دِقَّة الإِزْواج بين الأجسام المتقابلة، وقد أطلقوا عليها تسمية «الهَنْدَمة».

٤ ـ اختراع آلات لرفع الماء الى جهة العلو، وتشمل هذه الآلات مجموعة متنوعة من المضخات، منها مضخة متعددة الاسطوانات.

٥ ـ ابتداع آلية بارعة لتحويل الحركة الدورانية الى حركة خطية ترددية، وذلك في مضخة ذات اسطوانتين متعاكستين.

٦ ـ إدخال مانعات التسرب في أسطوانات المضخات لأول مرة في الهندسة الميكانيكية.

٧ ـ إدخـال العنفـة أو التربينة الدفعية (والتي عرفت فيما بعد بتربينة أو بدولاب بلتون)، كذا التربينة رد الفعلية، وذلك في مجال توليد القدرة الميكانيكية.

٨ ـ ابتكار بعض تجهيزات تعمل من تلقاء نفسها.

٩ ـ اختراع عدد من النبائط الميكانيكية.

١٠ ـ تصميم واستخدام طواحين الهواء.

١١ ـ ابتكار مجموعة من الفوارات.

١٢ ـ اختراع آلية لانتشال الأجسام الغارقة.

١٣ ـ تطوير وتحسين الآلات الرصدية.

١٤ ـ تطوير صناعة آلات القتال لاسيما صب المكاحل والمدافع، وضبط تركيبات البارود.

تخلص هذه الدراسة الى أن مهندسي العرب والمسلمين قد أسهموا بقسط وافر في هندسة الحركات، وأتوا فيها بأعمال جليلة، وابتكارات عظيمة.

هذا وقد إرتأينا أن نُذيِّل هذا العمل بمعجم يضم ما يقارب أربعمائة لفظ من ألفاظ المواضعات الفنية مما استعمله العرب والمسلمون في «هندسة الحركات»، عسى أن يفيد منه المحققون والدارسون لتراثنا العربي العظيم، ومجدنا العلمي التليد.

المراجع والمصادر

مراجع عربية (الباب الأول)

[١] ـ كتاب «الفهرست» لأبي الفرج محمد بن اسحق بن أبي يعقوب النديم الوراق البغداي «المتوفي حوالي سنة ٣٨٥هـ = ٩٩٥م».
طبعة مكتبة خياط ببيروت «عن طبعة جوستاف فليجل ـ ليبزج سنة ١٨٧١م).
[٢] ـ كتاب «مفاتيح العلوم» لأبي عبدالله محمد بن احمد بن يوسف الكاتب الخوارزمي «توفى سنة ٣٨٧ هـ = ٩٩٧م» بتحقيق ج. فان فلوتن (١٨٩٥م).
طبعة القاهرة سنة ١٣٤٩هـ= ١٩٣٠م، ١٥٥صفحة
وبتحقيق ابراهيم الأبياري
دار الكتاب العربي، بيروت، لبنان، الطبعة الأولى، سنة ١٤٠٤ هـ = ١٩٨٤م، ويقع في ٢٨٤ صفحة
[٣] ـ كتاب «مختار الصحاح» للشيخ الامام محمد بن أبي بكر بن عبدالقادر الرازي
عنى بترتيبه محمود خاطر بك.
طبعة القاهرة عام ١٣٣٥ هـ = ١٩١٦م
[٤] ـ «كتاب الجماهر في معرفة الجواهر» لأبي الريحان البيروني (ت: ٤٤٣هـ = ١٠٥١م)، مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيدر آباد الدكن بالهند، عام ١٣٥٥ هـ = ١٩٣٦م، ٣٢٠ صفحة
[٥] ـ «الجماهر في معرفة الجواهر» لأبي الريحان البيروني
مخطوط مكتبة احمد الثالث باستانبول ـ رقم ٢٠٤٣
مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة، كيمياء وطبيعيات ـ رقم ٣٠
[٦] ـ رسالة «فضيلة العلوم والصناعات» لأبي نصر الفارابي (توفى ٣٣٩ هـ = ٩٥٠م)
مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيدر آباد الدكن بالهند، عام ١٣٦٧ هـ = ١٩٤٨م، ١٧ صفحة
[٧] ـ «رسائل اخوان الصفا وخلان الوفا» لاخوان الصفا
دار صادر ودار بيروت، بيروت، سنة ١٣٧٦هـ = ١٩٥٧م
[٨] كتاب «أعلام المهندسين في الاسلام» لاحمد تيمور باشا
لجنة نشر المؤلفات التيمورية، مطابع دار الكتاب العربي بمصر، الطبعة الأولى، سنة ١٣٧٧هـ = ١٩٥٧م، وتقع في ١١٧ صفحة
[٩] ـ «كتاب في تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مرذولة» لأبي الريحان محمد بن احمد البيروني (المتوفى سنة ٤٤٣ هـ = ١٠٥١ م)
طبع بمطبعة مجلس دائرة المعارف العثمانية، بحيدر آباد الدكن، بالهند، سنة ١٣٧٧هـ = ١٩٥٨م
[١٠] ـ «كشاف اصطلاحات الفنون»، تأليف محمد علي الفاروقي التهانوني (المتوفى في القرن ١٢ هـ = ١٨م)

بتحقيق الدكتور لطفي عبدالبديع، وترجمة النصوص الفارسية للدكتور عبدالنعيم محمد حسنين، ومراجعة الاستاذ أمين الخولي نشر المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر، وزارة الثقافة والارشاد القومي بالقاهرة
الجزء الاول، سنة ١٣٨٢ هـ = ١٩٦٣ م في ٣٨٦ صفحة، والجزء الثاني في ٣٣٦ صفحة، والجزء الثالث سنة ١٩٧٢م في ١٧٩ صفحة، والجزء الرابع سنة ١٩٧٧م في ٢٨٩ صفحة

[١١] - كتاب «إحصاء العلوم»
لأبي نصر الفارابي
(٢٥٩ - ٣٣٩هـ) = (٨٧٢ - ٩٥٠م)
بتحقيق الدكتور عثمان أمين
مكتبة الأنجلو المصرية بالقاهرة، الطبعة الثالثة، سنة ١٩٦٨م، ١٧٦ صفحة

[١٢] - كتاب «إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد» تأليف شمس الدين محمد بن ابراهيم بن ساعد الأنصاري المعروف بابن الاكفاني السنجاري (ت: ٧٤٩ هـ = ١٣٤٨م)
- مخطوط مكتبة دار الخطيب بالقدس
مصور بمعهد المخطوطات العربية بالقاهرة - رقم ٢ معارف عامة

[١٣] - كتاب «مفتاح السعادة ومصباح السيادة في موضوعات العلوم»
لأحمد بن مصطفى الشهير بطاش كبرى زاده، مراجعة وتحقيق كامل كامل بكري، وعبدالوهاب أبو النور
دار الكتب الحديثة بالقاهرة، عام ١٩٦٨

[١٤] - كتاب «لسان العرب»
لابن منظور.
(جمال الدين محمد بن مُكرَّم الأنصاري)
طبعة الهيئة المصرية العامة للكتاب، عام ١٩٧٣م، عشرون جزءاً

[١٥] - «تاريخ العلم والتكنولوجيا».
أهميته ودواعيه، دراسته وتدريسه، للدكتور جلال شوقي
مجلة الحرس الوطني - الرياض - السنة السادسة، العدد ٣٨، ربيع الثاني، سنة ١٤٠٦هـ = ديسمبر سنة ١٩٨٥م، الصفحات: ٥٢ - ٥٦

مراجع عربية في العمارة الإسلامية (الباب الأول)

[١٦] - «مساجد القاهرة ومدارسها» للدكتور أحمد فكري، دار المعارف بمصر، سنة ١٩٦٥

[١٧] - «العمارة الإسلامية على مرّ العصور» للدكتورة سعاد ماهر محمد
الناشر: دار البيان العربي للنشر والتوزيع، جدة، الطبعة الأولى، سنة ١٤٠٥هـ = ١٩٨٥م

[١٨] - «مساجد مصر» للدكتوة سعاد ماهر محمد

[١٩] - «تاريخ الفن عند العرب والمسلمين» للأستاذ أنور الرفاعي
دار الفكر، الطبعة الثانية، سنة ١٣٩٧هـ = ١٩٧٧م، ١٩٦ صفحة

[٢٠] - «وحـدة الفن الإسـلامي» معرض عن الفن الإسلامي بقاعة الفن الإسلامي بمركز الملك فيصل للبحوث والدراسات الإسلامية، الرياض، سنة ١٤٠٥هـ = ١٩٨٤م

مراجــع أجنبية في تاريخ العمارة الاسلامية والفنون الزخرفية (الباب الأول)

[٢١] - من منجزات سنان باشا المعمار في العمارة الاسلامية

[21] G.S.A. Shawki: "On the Contribution of Sinan to Islamic Architectue",II International Congress on the History of Turkish and Islamic Science and Technology, Istanbul: 28 April - 2 May 1986. (Organized by I.T.U. Research Center of History of Science and Technology), Session VIII.
للدكتور جلال شوقي، استانبول، سنة ١٩٨٦م

[22]
[22] Esin Atil: "Art of the Arab World", Freer Gallery of Art, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 1975, 154 pages.

[23] K.A.C. Creswell: "Early Muslim Architecture (Umayyads, Abbasids and Tulunids", 2 Volumes, Oxford, 1932-1940.

[24] K.A.C. Creswell: "Muslim Architecture in Egypt in the Ayyubide and Mamluk Period."

[25] K.A.C. Creswell: "The Muslim Architecture of Egypt", 2 Volumes, Oxford, 1952-59.

[26] M. Briggs: "Muhammedan Architecture in Egypt and Palestine", Oxford, 1924.

[27] Sir Banister Fletcher's : "A History of Architecture" Revised by: J.C. Palmes, University of London, The Athlone Press, 1975, 1390 pages.

[28] F. Granger: "Vitruvius on Architecture", 2 Volumes, Loeb Classics, London and New York, 1931 and 1934. (Latin Text and English Translation).

[29] Derek Hill: "Islamic Architecture in North Africa", Faber and Faber Limited, London, 1976.

[30] Michael Levey: "The Art World of Ottoman Art", Thames and Hudson, London, 1975, 152 pages.

[31] George Michell(Editor): "Architecture of The Islamic World", Thames and Hudson, London, 1984, 288 pages.

[32] "Encyclopedia of Art", McGraw-Hill Book Company Inc., New York, Toronto, London.

هوامش المقدمة من تاريخ العلم والتكنولوجيا (الباب الأول)

(١) Académie Internationale d'Histoire des Sciences, Paris, France.

(٢) Polska Akademie Nauk, Zaklad Historii Naukii Techniki, Warsaw Poland.

(٣) The Institution of The History of Science at the University of Wisconsin, Wisconsin, U.S.A.

(٤) Forschungsinstitut für Technikgeschichte, Wien, Austria.

(٥) Center for Middle East Studies, Salt Lake City, Utah, U.S.A.

(٦) Centre Nationale des Recherches Scientifiques, Institut d'Histoire des Sciences, Paris, France.

(٧) Smithsonian Institution, Washington, D.C., U.S.A.

(٨) Hamdard National Foundation, Karachi, Pakistan.

(٩) Science Museum, London.

(١٠) Museum of The History of Science, Oxford.

(١١) Technisches Museum für Industrie und Gewerbe, Wien.

(١٢) Landesgewerbemuseum, Stuttgart.

(١٣) ISIS, Baltimore, U.S.A.

(١٤) Blätter für Technikgeschichte, Wien.

(١٥) Annals of Science, London.

(١٦) Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium, Copenhagen, Denmark.

(١٧) Archives Internationales d'Histoire des Sciences, Paris.

(١٨) Centaurus, Copenhagen.

(١٩) Archives for History of Exact Sciences, Heidelberg, Germany.

(٢٠) George Sarton: Qualifications of Teachers of The Historyóf Science, ISIS, Vol. 37, (1947), pp. 5-7 and ISIS, Vol. 40, pp. 311-313.

مصادر مخطوطة في العلم الطبيعي
(السكون والحركة)
(الباب الثاني)

(1) Al-Fatih Library - Istanbul:

Manuscripts No. 3212 to 3216

("Al-Manazir" By Ibn-Al-Haitham)

(١) مخطوطات مكتبة الفاتح باستانبول - الأرقام من ٣٢١٢ حتى ٣٢١٦ (كتاب «المناظر» للحسن بن الهيثم).

(2) Ahmad Al-Thalith Library - Istanbul:

Manuscript No. 3222, 225f.

("Al-Muctabar" By Ibn Malka)

(٢) مخطوط مكتبة أحمد الثالث باستانبول رقم ٣٢٢٢، ٢٢٥ ورقة (كتاب «المعتبر في الحكمة» لابن ملكا البغدادي).

(3) Al-Ahmadiyyah Library - Aleppo:

Manuscript No. 1122, ("Al-Tahsil" By Bahmanyar ibn Al-Marzuban)

(٣) مخطوط المكتبة الأحمدية بحلب - رقم ١١٢٢ (كتاب «التحصيل» لبهمنيار ابن المرزبان)*.

(4) Al-Ahmadiyyah Library - Aleppo:

Manuscripts No. 742&743 ("Al-Mufassal" By Najm Al-Din Al-Katibi Al-Qazwini)

(٤) مخطوطا المكتبة الأحمدية بحلب - رقما ٧٤٢، ٧٤٣ (كتاب «المُفَصَّل» لنجم الدين الكاتبي القزويني). *

مصادر ومراجع مطبوعة في العلم الطبيعي
(السكون والحركة)

(١) - «رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا»
عُني بتصحيحه خيرالدين الزركلي
المكتبة التجارية الكبرى بالقاهرة - سنة ١٩٢٨م.

(The Articles of Al-Safa Brothers)

* حاليا بمكتبة الأسد بدمشق.

(٢) ـ «النجاة» للشيخ الرئيس ابن سينا
طبع بمطبعة السعادة بمصر على نفقة محيي الدين صبري الكردي عام ١٣٣١هـ، ثم عام ١٣٥٧هـ = ١٩٣٨م.

("Al-Najah" By Ibn Sina)

(٣) ـ «الشفاء ـ الطبيعيات» للشيخ الرئيس ابن سينا
تحقيق الدكتور محمود قاسم ـ مراجعة وتقديم الدكتور ابراهيم مدكور
دار الكاتب العربي للطباعة والنشر بالقاهرة ـ عام ١٣٨٩هـ = ١٩٦٩م

("Al-Shifa - Al-Tabiciyyat" By Ibn Sina)

(٤) ـ «المباحث المشرقية في علم الألهيات والطبيعيات» للامام فخرالدين الرازي
الجزء الأول: ٧٠٦ صفحة، الجزء الثاني: ٥٤٨ صفحة.
دائرة المعارف العثمانية ـ حيدر آباد الدكن بالهند، عام ١٣٤٣هـ = ١٩٢٤م.

("Al-Mabahith Al-Mashriqiyyah" By Fakhr Al-Din Al-Razi)

(٥) ـ «الكتاب الموسوم بشرحي الاشارات»
للخواجة نصير الدين الطوسي وللامام فخرالدين الرازي
المطبعة الخيرية بالقاهرة ـ الطبعة الأولى ـ عام ١٣٢٥هـ = ١٩٠٧م، الجزء الأول: ٢٤٣ صفحة،
الجزء الثاني: ١٤٦ صفحة.

(Commentaries By Altusi & Al-Razi on "Al-Isharat" of Ibn Sina)

(٦) ـ «الاشارات والتنبيهات»
للشيخ الرئيس ابن سينا مع شرح نصيرالدين الطوسي
تحقيق الدكتور سليمان دنيا
دار المعارف بمصر ـ القسم الثاني ـ الطبعة الثانية: ٤٦٨ صفحة.

("Al-Isharat" By Ibn Sina, with Al-Tusi's Commentary)

(٧) ـ «تسع رسايل في الحكمة والطبيعيات»
للشيخ الرئيس ابن سينا
مطبعة هندية بالموسكي بمصر، عام ١٣٢٦هـ = ١٩٠٨م، ١٨٠ صفحة.

("Tisc Rasayel Fi Al-Hikmah Wa Al-Tabiciyyat" By Ibn Sina.)

(٨) ـ «المُعتَبر في الحكمة»
لأبي البركات هبة الله ابن ملكا البغدادي
دائرة المعارف العثمانية ـ حيدر آباد الدكن بالهند.

("Al-Muctabar Fi AlHikmah" By Ibn-Malka.)

أعمال منشورة للمؤلف في الميكانيكيا

Published Studies of the Author (in Mechanics only)

(الباب الثاني)

(١) ـ «أصول الميكانيكا في الفكر العربي»

للدكتور جلال شوقي

بحث ألقي في أسبوع العلم الثالث عشر بجامعة حلب: ١٨ ـ ٢٤ نوفمبر سنة ١٩٧٢، ونشر بمنشورات المجلس الأعلى للعلوم بدمشق سنة ١٩٧٤م، الكتاب الرابع: دراسات وبحوث العلوم الهندسية، الصفحات: ١٩٣ ـ ٢٦٢.

("Principles of Mechanics in Arabic Thought", Aleppo, 1972 & Damascus, 1974.)

(٢) ـ كتاب «تراث العرب في الميكانيكا»

للدكتور جلال شوقي

نشر عالم الكتب بالقاهرة، سنة ١٩٧٣م، ١١١ صفحة.

("Arab Heritage in Mechanics", Cairo, 1973.)

(٣) ـ «علم الحركة في الفلسفة العربية: مفاهيمه وألفاظه»

للدكتور جلال شوقي

بحث منشور بمجلة اللسان العربي ـ جامعة الدول العربية ـ المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم ـ المكتب الدائم لتنسيق التعريب في الوطن العربي ـ الرباط، المملكة المغربية، المجلد العاشر، يناير ١٩٧٣، الجزء الأول، الصفحات: ١٨٣ ـ ١٩٤.

("Science of Motion in Arabic Philosophy: Its Concepts & Terminology", Rabat, 1973.)

(٤) ـ «دراسات العرب في سلوك الأجسام المتحركة»

للدكتور جلال شوقي

بحث منشور بمجلة عاديات حلب ـ جامعة حلب: معهد التراث العلمي العربي ـ الكتاب الأول، سنة ١٩٧٥، الصفحات: ٣٠ ـ ٥١، ٣١٣.

("Behaviour of Moving Bodies - Arab Studies", Aleppo University, 1975.)

(٥) ـ «ألفاظ العلم الطبيعي في صدر الحضارة العربية»

للدكتور جلال شوقي

بحث منشور بمجلة مجمع اللغة العربية بالقاهرة، العدد ٣٥، سنة ١٩٧٥، الصفحات: ١١١ ـ ١٢٧.

("Terms used in Physical Sciences at the Beginning of Arab Civilization", Cairo, 1975.)

(٦) - «العرب وقوانين الحركة»
للدكتور جلال شوقي
بحث منشور بمجلة عاديات حلب - جامعة حلب - معهد التراث العلمي العربي - الكتاب الثاني، عام ١٩٧٦، الصفحات: ٥٦ - ٦٩ وصفحة ١٢.
("Contribution of Arab Scholars to the Laws of Motion", Aleppo University, 1976.)

(٧) - «مصطلحات علم الحركة لدى علماء العرب»
للدكتور جلال شوقي
بحث منشور بمجلة مجمع اللغة العربية بالقاهرة، العدد ٣٦، عام ١٩٧٧، الصفحات: ١٧١ - ١٩٥.
("Terminology of Dynamics as used by Arab Scholars", Cairo, 1977.)

(٨) - «مساهمة علماء المسلمين في علم الديناميكا»
للدكتور جلال شوقي
بحث منشور بعدد خاص من مجلة اتحاد الجامعات العربية: جوانب من الحضارة الاسلامية - العدد السابع عشر، القاهرة سنة ١٩٨٠، الصفحات: ٢١٢ - ٢٤٢.
("Muslim Contributions in Dynamics", Cairo, 1980)

(٩) - "Muslim Contributions to the Science of Mechanics"
«إسهامات علماء المسلمين في علم الميكانيكا للدكتور جلال شوقي»
بحث منشور باللغة الانجليزية عام ١٩٨٣م في:
International Conference of Science in Islamic Polity: Islamic Scientific Thought and Muslim Achievements in Science, Islamabad, Pakistan, November 1983, Vol. (1), pp. 291-303.
Also in: "Islamic Thought and Scientific Creativity," Islamabad, Pakistan, Vol. (3), No. 4, (1992), pp. 37-48.

مراجع عربية في صنعة الآلات

(الباب الثاني)

(١) ـ «ثلاث مقالات عربية في الآلات المنغمة»
للأب لويس شيخو
مجلة المشرق ـ العدد الأول ـ السنة التاسعة، سنة ١٩٠٦م.

(٢) ـ كتاب «إنباط المياه الخفية في معرفة المياه الكامنة».
لأبي بكر الكرخي (توفى: ٤١٠هـ = ١٠١٩م)
مطبوعات دائرة المعارف العثمانية، حيدر آباد الدكن بالهند، عام ١٣٥٩هـ = ١٩٤٥م، ٧٥ صفحة.

(٣) ـ كتاب «تقي الدين والهندسة الميكانيكية العربية»
مع «كتاب الطرق السنية في الآلات الروحانية»
للدكتور أحمد يوسف الحسن
معهد التراث العلمي العربي، جامعة حلب، سنة ١٩٧٦م.

(٤) ـ كتاب «مقدمة لعلم الميكانيك في الحضارة العربية»
الجزء الأول
عرض وتحليل ماجد عبدالله الشمس
مركز إحياء التراث العلمي العربي ـ جامعة بغداد ـ بغداد، عام ١٣٩٧هـ = ١٩٧٧م، ٤٣٠ صفحة.

(٥) ـ كتاب «الجامع بين العلم والعمل، النافع في صناعة الحيل»
لأبي العز اسماعيل بن الرزاز الجزري
تحقيق الدكتور أحمد يوسف الحسن
بالتعاون مع د. عماد غانم ومالك الملوحي ومصطفى تعمري
معهد التراث العلمي العربي، جامعة حلب، عام ١٩٧٩، ٦٧٦ صفحة.

(٦) ـ «عناية العرب بالهيدروليك في العصور الاسلامية»
لجميل الملائكة
المجمع العلمي العراقي، المجلد ٣١، الجزء ٣، سنة ١٩٨٠م، الصفحات: ٢٤٠ ـ ٢٦٣.

(٧) - «كتاب الحيل»
تصنيف بني موسى بن شاكر (القرن ٣هـ = القرن ٩م)
تحقيق د. أحمد يوسف الحسن بالتعاون مع محمد علي خياطة ومصطفى تعمري
نشر معهد التراث العلمي العربي بجامعة حلب، سنة ١٩٨١م، ٤٤٢ + ٢٢ صفحة.

(٨) - «مقدمة علم الساعات والعمل بها»
لرضوان بن محمد الساعاتي
(توفي حوالي ٦١٨هـ = ١٢٢١م)
بتحقيق محمد أحمد دهمان
مكتب الدراسات الاسلامية، سنة ١٩٨١م، ٩٨ صفحة.

(٩) - «رحلة ابن بطولة»
المسماه: «تحفة النظار في غرائب الأمصار وعجائب الأسفار»
لمحمد بن عبدالله اللواتي الطنجي
(٧٠٣ - ٧٧٧هـ) = (١٣٠٣ - ١٣٧٥م)
بتحقيق الدكتور علي المنتصر الكتاني
مؤسسة الرسالة، بيروت، الطبعة الثالثة، الجزء الأول سنة ١٤٠١هـ = ١٩٨١م، ٤٣٨ صفحة، الجزء الثاني من ٤٣٩ الى ٨٣٢.

(١٠) - «رحلة ابن جبير»
«رسالة اعتبار الناسك في ذكر الآثار الكريمة والمناسك»
لأبي الحسن محمد بن أحمد بن جبير الكناني الأندلسي (٥٣٩ - ٦١٤هـ) = (١١٤٤ - ١٢١٧م)
منشورات دار ومكتبة الهلال، بيروت، لبنان، الطبعة الثانية، سنة ١٩٨٦م، ٢٨٧ صفحة.

مراجع أجنبية في تاريخ التكنولوجيا عموماً

General History of Technology

(الباب الثاني)

1 Ernst Von Bassemann, Jordan: "The Book of Old Clocks and Watches", Fourth edition, Fully revised by Hanz Von Bertele, Translated into English by H. Alan Lloyd, London, 1964, 337 pages.

2 P.J. Booker: "A History of Engineering Drawing", London, 1963.

3 C. Brocke Imann: "Geschichte der arabischen Litteratur", 2 Vols., Weimar, 1898-1902, 3 Vols., Supplement, Leiden, 1937-1942.

4 Aubrey F. Burstall: "A History of Mechanical Engineering", Faber and Faber, London, 1963.

5 Institute of the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences: "Ancient China's Technology and Science", China Knowledge Series. Foreign Languages Press, Beijing, China, 1983, 632 pages.

6 Maurice Daumas: "Histoire Generale des Techniques", Paris, 1962.

7 C. St. C. Davison: "A Short History of Gears", Engineering, London, 181, (1956), 132 F.

8 C. St. C. Davison: "Bearings since the Stone Age", Engineering, London, 183, (1957), 2 F.

9 DSB: "Dictionary of Scientific Biographies", 15 Volumes. Charles Scribners Sons, New York, 1970-1978.

10 H.A.R. Gibb, J.H. Kramers, E. Lévi - Provencal and J. Schacht: "The Encyclopaedia of Islam", E.J. Brill, Leiden - Luzac and Co., London.

11 T.G.H. James: "An Introduction to Ancient Egypt", London: British Museum Publications Limited.

12 Melvin Kranzenberg and Carrol Pursell: "Technology in Western Civilization", Oxford University Press, New York, 1967.

13 O. Mayr: "The Origins of Feedback Control", The Scientific American, October 1970, Vol. 223, 111 ff.

14 Aldo Mieli: "La Science Arabe", Leiden, 1966.

15 Joseph Needham: (with Wang Ling) "Science and Civilization in China", Vol. 4, Part II: Mechanical Engineering, Cambridge, 1965, 537 pages.

16 Pitt - Rivers, and A.H. Lane - Fox: "On the Development and Distribution of Primitive Locks and Keys", London, 1883.

17 George Sarton: "Introduction to the History of Science", Vols I & II(2parts), Baltimore: Williams and Wilkins, 1927-1948. Reprinted Huntington, New York: Krieger, 1975.

18 Fuat Sezgin: "Geschichte des arabischen Schrifttums", 5 volumes. Leiden: E.J. Brill, 1967-1971.

19 C. Singer, E.J. Holmyard, A.R. Hall and T.I. William: "A History of Technology", 5 Volumes, Oxford University Press, 1954-58.

20 D.E. Smith: "History of Mathematics", Two Volumes, New York: Dover, 1958.

21 Heinrich Suter: "Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke", Leipzig: G. Teubner, 1900.

22 René Taton: "A General History of the Sciences", (Translated from French) Thames & Hudson, London, 1963.

23 "The Inventions that changed the World", Published by The Reader's Digest Association Limited. First Edition, 1982.

مراجع أجنبية في تكنولوجيا ما قبل الإسلام
Pre-Islamic Technology

1 M. Boas: "Heron's Pneumatica: A Study of its Transmission and Influence", ISIS, 40, (1949), 38.

2 L. Sprague de Cam: "The Ancient Engineers", The M.I.T.Press, Paperback Edition, March 1970.

3 "Ctesibius (Ktesibios)", Dictionary of Scientific Biographies, Vol. (3), (1971), 491-2.

4 A.G. Drachmann: "Ktesibios, Philon and Heron: A Study in Ancient Pneumatics", Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium (Edited by Bibliotheca Universitatis Hauniensis, Copenhagen), 4, (1948), 1-197. (Copenhagen: Ejnar Munksgaard, 1948).

5 A.G. Drachmann: "The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity", Copenhagen/Madison/London, 1963. (Copenhagen: Munksgaard, 1963).

6 Donald R. Hill: "On the construction of Water Clocks", (Kitàb Arshimidas fi âmal al-binkamàt) - Edition and Translation. Turner & Devereux, Occasional Paper No. 4, London, 1976, 46 pages.

7 Th. Henri Martin: "Recherches sur la vie et les ouvrages de Heron d'Alexandrie", Memoires à l'Académie des inscriptions et belles-lettres, Tome IV, Série I.

8 Philon: Two arabic manuscripts of the wok of Philon. Bodleian Library, Oxford, MS No. 954 - Marsh 669. (Discovered in 1854).

9 M. de Rochas, "Traité des Pneumatiques de Philon de Byzance", La Revue archéologique, 1881. (Translated the Latin fragment into French).

10 M. de Rochas: "Fragment des Pneumatiques de Philon de Byzance", la Science des philosophes et l'art des Thaumaturges, 1882. (Second edition with more precise title).

11 Valentin Rose, Published the Latin document of "Le livre des Pneumatiques de Philon de Byzance", Anecdota graeca et graeco-latina, Vol. II, Berlin, 1870. (Published the Latin fragment).

12 M.W. Schmidt: "Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia", Leipzig, Teubner, 1899. (Reeditied the Latin Fragment of Philon and made a German translation thereof at the end of the first volume).

13 Franz Susemihl: "Geschichte der griechischen Literatur in de Alexandriner-zeit", Leipzig, 1891.

14 Carra de Vaux: "Notice sur deux Manuscrits Arabes", JA, 8eSérie, 18, (1891), 295 ff.

15 Carra de Vaux: "Les Mécaniques ou l'Élevateur de Heron d'Alexandrie sur la Version Arabe de Qostà ibn Lûgâ", JA 9e Série, (1893), Tome I, pp. 386-472; Tome II, pp. 152-192, 193-269, 420-514.

16 Carra de Vaux: "Le Livre des Appareils Pneumatiques et des Machines Hydrauliques, par Philon de Byzance", Paris: Académie des Inscriptions et Belles Lettres, 38, (1903), Pt. I.

17 Derek de Solla Price: "Gears from the Greeks", New york, 1975, 52.

18 K.D. White: "Greek and Roman Technology", Thames and Hudson, 1984.

19 E. Wiedemann and F. Hauser: "Uhr des Archimedes und Zwei andere Vorrichtungen". Nova Acta, 103, (1918), Nr.2, 164-202.

20 B. Woodcroft: "The Pneumatics of Hero of Alexandria", London 1851. New Edition (1973) with Introduction by Marie Boas Hall.

مراجع في تكنولوجيا العصر الوسيط وتكنولوجيا المسلمين

Medieval Technology including Islamic Technology

1 David Ayalon: "Gunpowder and Firearms in the Mamluk Kingdom", Vallentine, Mitchell, London, 1956.

2 Atilla Bir: The Book "Kitàb Al-Hiyal of Banû Mûsâ bin Shâkir", Research Centre for Islamic History, Art and Culture (IRCICA), Istanbul, 1990. 250 pages.

3 Alfred Chapuis and Edmond Droz: "Automata", Translated by Alec Reid, Neuchatel - London, 1958.

4 A.K. Coomaraswamy: "The Treatise of al-Jazari on Automata", Museum of Fine Arts, Boston, 1924.

5 A.K. Coomaraswamy: "The Persian Wheel", Journal of the American Society of Orientalists, 51, (1931), 283.

6 J. al-Dabbagh: "Article on Banû Mûsâ", DSB: Dictionary of Scientific Biographies, 15 Vols. (New York: Charles Scribners Sons, 1970-1978), Vol. 1, pp. 443.

7 H. Diels: "Über die von Prokop beschriebene Kunstuhr Von Gaza", Abh. der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Philos - Hist. Klasse, No. 7, Berlin, 1917.

8 Umberto Forti: "Storia della Tecnica dal Medioevo al Rinascimento", Florence, 1957.

9 G.S.P. Freeman - Grenville: "The Muslim and Christian Calendars", London, 1963.

10 Ahmad Y. al-Hassan and Donald R. Hill: "Islamic Technology: An Illustrated History", UNESCO and Cambridge University Press, 1986, 304 pages.

11 Friedrich Hauser: "Über das Kitâb al Hijal - das Werk Über die sinnreichen Anordnungen - der Benû Mûsâ", Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin, Erlangen, Kommissions - Verlag Von Max Mencke, Heft I, 1922, 188 pages.

12 Donald R. Hill: "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices By Ibn al-Razzàz al-Jazarì", Translation & Annotation. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht - Holland/Boston - U.S.A., 1974, 285 pages.

13 "On the Construction of Water-Clocks", (Kitàb Archimidas fi ʿamal al-binkamàt, Edited & Translated by D.R. Hill. Turner & Devereux, London, 1976, Occasional Paper No. 4, 46 pages.

14 Donald R. Hill: "Medieval Arabic Mechanical Technology", The First International Symposium for the History of Arabic Science, University of Aleppo, 5-12 April 1976.

15 Donald R. Hill: "A Treatise on Machines", Journal for the History of Arabic Science", Aleppo, Vol. 1, (1977), 33-44.

16 Donald R. Hill: "The Book of Ingenious Devices", (Kitàb al-Hiyal by the Banû (Sons of) Mûsà bin Shàkir), Translation and Annotation. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht - Holland, Boston, London, 1979, 267 pages.

17 Donald R. Hill: "Arabic Water-Clocks", University of Aleppo, Institute for the History of Arabic Science, Aleppo, Syria, 1981, 137 pages.

18 Donald R. Hill: "A History of Engineering in Classical and Medieval Times", Open Court Publishing Company, 1984.

19 Donald R. Hill: "Mechanical Engineering in the Medieval Near East", Scientific American, May 1991, pages 100-105.

20 K. Huuri: "Für Geschichte des Mittel-alterlichen Geschützwesens aus Orientalischen Quellen", Helsinki, 1941.

21 David James: "The Manual de artilleria of al-Ra'is Ibràhim b. Ahmad al-Andalusì with particular reference to its illustrations and their sources", Bulletin of the School of Oriental and African Studies, University of London, Vol. XLI, Part 2, 1978, pages 237-257.

22 Ibn al-Razzaàz al-Jazarì: "The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices", Translated and Annotated by: Donald R. Hill., D. Reidel Publishing Comapny, Dordrecht - Holland / Boston - U.S.A., 1974, 285 pages.

23 Ibn Jubayr: (Abû'l - Husayn Muhammad b. Ahmad b. Jubayr al-Kinàni, 540-614 H = 1145 - 1217 A.D.) "Travels of Ibn Jubayr", Arabic Text. Edited by William Wright. Second Edition revised by M.J. de Goeje, Leiden/London, 1907.

24 Ibn Jubayr: "Viaggio", Translated into Italian by Celestine Schiaparelli, Rome, 1906.

25 David A. King: "Review of 'The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices' - Translated and Annotated by D.R. Hill", History of Science, 13, (1975), 284-289.

26 C.G. Ludlow and A.S. Bahrani: "Mechanical Engineering during the early Islamic peiod", Chartered Mechanical Engineering, London, November 1978, 79-84.

27 Seyyed Hossein Nasr: "Science and Civilization in Islam", Blume Books, New York, 1968.

28 M. Aga Oglu: "On a Manuscript by al-Jazari", Parnassus, 3, (1931), 27-28.

29 Derek de Solla Price: "Mechanical Water Clocks of the 14th century in Fez, Morocco", Proceedings of the Xth International Congress of the History of Science, Ithaca, New York and Philadelphia, 1962.

30 Ridwàn: Treatise on Clocks. Only available in Ms Arab. 1348, Forschungsbibliothek, Gotha, Germany.

31 M.R. Riefstahl: "The Date and Provenance of the Automata Minatures", The Art Bulletin, 11, (1920).

32 Thorkild Schifler: "Roman and Islamic Water-Lifting Wheels", Odense University Press, 1973.

33 Ivan Stchoukine: "Un Manuscrit du Traité D'al-Jazari sur les Automates", Gazette des Beaux - Arts, (1934-35), 134-140.

34 Sevim Tekeli: "Takiyüddin' in Sidret ül-Müntehâ' Sina Aletler Bahsi", Türk Tarih Kurumu Basimevi, Ankara, 1961. Belleten, Cilt XXV, Sayi 98'den ayribasim (Nisan, 1961), pages 213-238.

35 Lynn White: "Tibet, India and Malaya as Sources of Western Medieval Technology", The American Historical Review, Vol. LXV, No. 3, April 1960, 515-526.

36 Lynn White: "Medieval Technology and Social Change", Oxford, 1962.

37 Eilhard Wiedemann (1 August 1852 - 7 January 1928)* من أبحاث الأستاذ إيلهاردفيدمان *

H.J. Seemann: "Elihard Widemann (1852 - 1928)", *ISIS, Vol. 14, (1903), No. 43, pp. 166-186.*

1 Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften bei den Arabern. (I-IX).

(Pogg.) Ann. d. Phys. 159 (1876), S. 656;
1 (1877), S. 480;
4 (1878), S. 320;
7 (1879), S. 679;
14 (1881), S. 368;
17 (1882), S. 350, 1043.

2 "Zur Geschichte Abû'l Wafà's", Ztschr. f. Math. u. Phys. 24 (1879), S. 121.

3 "Arabische Gewichtsbestimmungen: spezifische Gewichtsbestimmungen", Ann. d. Phys. 20 (1883), S. 539.

4 "Inhalt eines Gefässes in verschiedenen Abstanden vom Erdmittelpunkte nach Al Khàini und Roger Bacon", Ann. d. Phys. 39 (1890).

5 "Notiz Über ein von Ibn Al Haitham gelostes arithmetisches problem,", Sitzber. d. Phys. med. Soz. Erlangen, 24, (1892), S. 83.

6 "Zur ,Geschichte des Kompasses bei den Arabern", Ver. d. deut. Phys. Ges., 9, (1907), S. 764; II (1909), S. 262; 21, (1919), S. 665.

7 "Ueber das Al-Bìrunische Gefäss zur spezifischen Gewichtsbestimmung", Verk. d. deut. Phys. Ges., 6, (1908), S. 339.
H.J.Seemann: "Eilhard Widemann (1852 - 1928)", * ISIS, Vol. 14,(1930), No. 43, pp. 166-186.*

8 "Die Konstruktion von Springbrunnen durch muslimische Gelehrte", In: Festschrift der Wetterauischen Gesellschaft für die gesamte Naturkunde. (Hanau, Clauss u. Feddersen.) (1908), S. 29-36. Beitr. X, SBPMS 38 (1906), 341-8, XII, SB 39 (1907), S. 200-5.

9 "Zu den Anschauungen der Araber Über die Bewegung der Erde", Mitt. z. Gesch. d. Med. U. Naturw., 8, (1909), S. I und II (1912), S. 131.

10 Zu den Biographien arabischer Mathematiker, Naturforscher und Aerzte", Sitz. Ber. d. Phys. - med. Soz. Erlangen, 41, (1909), S. 208.

11 "Zur Bestimmung des Erdumfanges von Al-Bìrûnì", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., I, (1909), S. 66.

12 "Einige biographische Notizen aus arabischen Schriftstellern", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., I, (1909), S. 216.

13 "Ueber Versuche bei den Muslimen", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., I, (1909), S. 156.

14 "Ueber die Hebelgesetze bei den Muslimen", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., I, (1909), S. 211.

15 "Ueber die Kenntnisse der Muslimen auf Gebiete der Mechanik und Hydrostatik", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., I, (1910), S. 394.

16 "Ueber geometrische Instrumente bei den muslimischen Völkern", Zeitschrift f. Vermess-Wesen, Heft 22/23, (1910), S.I.

17 "Ueber Musikautomaten bei den Arabern", Centenario della Nascita di M. Amari, 2, (1910), S. 164.

18 "Ueber die Herstellung von Glocken bei den Muslimen", Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw., 9, (1910), S. 475.

19 "Die Schrift über den Quarastùn", Biblioth. Math., (3), 12, (1911/12), S. 21.

20 "UeLer die Dimensionen der Erde nach muslimischen Gelehrten", Arch .f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., 3, (1912), S. 250.

21 "Ueber die Gestalt, lage und Bewegung der Erde, sowie philosophisch-astronomische Betrachtungen von Qutb Al-Din Al-Schirâzi", Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., 3, (1912), S. 395.

22 "Ueber den indischen Kreis", Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw., 11, (1912), S. 252.

23 "Ueber Al-Birûni", (Mit J. Hell). Mitt. z. Gesch. d. Med. u. Naturw., 11, (1912), S. 313.

24 "Zu Omer-I-Chajjam", (Mit G. Jakob). D. Islam, 3, (1912), S. 42.

25 "Ein Instrument, das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt, nach al Birûni", D. Islam, 4, (1913), S. 5.

26 "Ein arabisches Gefäss, das sich stetig mit Wasser füllt und dies dann plötzlich ausgiesst", Ztsch. f. Math. u. Naturw. unterr., 45, (1914), S. 240.

27 "Ueber die Uhren im Bereich der islamischen Kultur", (Mit F. Hauser). Nova Acta, Abh. der Kaisserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. 100, No. 5, Halle, (1915), S. 1-272.

28 "Ueber eine arabische kegelförmige Sonnenuhr", (Mit J. Wurschmidt). Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., 7, (1916), S. 359.

29 "Ueber Schiffe, deren Bretter nicht susammengenagelt sind", Gesch. Blätter f. Techn, Industrie u. Gewerbe, 3, (1916), S. 280.

30 "Ueber Erfinder nach arabischen Angaben", Gesch. Blätter f. Techn., Industrie u. Gewerbe, 3, (1916). S. 193.

31 "Ueber Schiffsmühlen in der muslimischen Welt", Gesch. Blätter f. Techn., Industrie u. Gewerbe, 4, (1917), S. 25.

32 "Ueber Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt", (Mit F. Hauser). Beitr. Z Gesch. d. Techn. u. d. Industrie, 8, (1918), S. 121.

33 "Ueber Trinkgefässe und Tafelaufsätze nach Al-Gazarì und den Benû Mûsà", (Mit F. Hauser) D. Islam, 8, (1918), S. 55-93 & 268-291.

34 "Zu den magischen Quadraten", D. Islam, 8, (1918), S. 94.

35 "Byzantinische und arabische Instrumente", (Mit F. Hauser) Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn., 8, (1918), S. 140

36 "Ueber Schalen, die beim Aderlass verwendet werden und Waschgefässe nach Al-Gazarì", (Mit. F. Hauser). Arch. f. Gesch. d. Med., II, (1918), S. 22.

37 "Zur Kenntnis der Naturwissenschaften in der muslimischen Welt", Gesch. Blätter f. Techn., Industrie u. Gewerbe, 5, (1918), S. 109.

38 "Uhr des Archimedes und zwei andere Vorrichtungen", (Mit F. Hauser) Nova Acta, Abh. der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher., Bd. 103, No. 2, Halle (1918), S. 160-202.

39 "Einleitungen zu arabischen astronomischen Werken", D. Weltall 20, Heft 3/4, (1919), S. 21 und Heft 15/16, (1920), S. 131.

40 "Technisches bei den Arabern", Gesch. Blätter f. Techn., Industrie und Gewerbe, 6, (1919), S. 24.

41 "Zur islamischen Astronomie", Sirius, 52, (1919), S. 121.

42 "Ueber die angebliche Verwendung des Pendels zur Zeitmessung bei den Arabern", Verh. d. deut. phys. Ges., 21, (1919), S. 663.

43 "Ueber die Konstruktion der Ellipse", Ztschr. f. math. u. naturw. Unterr., 50, (1919), S. 177.

44 "Die Naturwissenschaft im islamischen Mittelalter", D. neue Orient, 5, (1919), S. 52.

45 "Magnetische Wirkungen nach der Anschauung der Araber", Ztschr. f. Phys., 3, (1920), S. 141

46 "Vorrichtungen zur Teilung von Kreisen und Graden usw. nach Al-Birûni", (Mit J. Frank). Ztschr. f. Instrumentenkunde, 41, (1921), S. 225.

47 "Ueber eine Palasttüre und Schlösser nach Al-Gazari", (Mit F. Hauser) D. Islam, II, (1921), S. 213.

48 "Entsalzung des Neerwassers bei Al-Bìrunì", Chemiker - Zeitung, 46, (1922), S. 230.

49 "Zur Astronomie und Mathematik bei den Arabern", Ztschr. f. Instrumentenkunde, 42, (1922), S. 114.

50 "Zur Geschichte des Kompasses", Ztschr. f. Phys., 13, (1922), S. 113; 14, (1922, S. 240.

51 "Ueber die angebliche Verwendung des Pendels bei den Arabern", Ztschr. f. Phys., 10, (1922), S. 267.

52 "Ueber Lote, Loten und Giessen bei den Arabern", Zentralzeitung f. Optik u. Mechanik, 44, (1923), S. 85.

53 "Zur Geschichte des Kompasses und zu dem Inhalt eines Gefässes in verschiedenen Abstanden vom Erdmittelpunkt", Ztschr. f. Phys., 24. (1924), S. 166.

54 "Ueber ein von Ibn Sìnà (Avicenna) hergestelltes Beobachtungsinstrument", Ztschr. f. Instrumentenkunde, 45, (1925), S. 269.

55 "Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument", (mit Th. W. Juynboll). Acta Orientalia, XI, 5, (1926), S. 81.

56 "Die Gebetszeiten im Islam", (Mit J. Frank). Sitzber. d. Phys. - med. Soz. Erlangen, 58/59, (1926/27), S.1.

38 "Eilhard Wiedemann: "Aufsätze zur arabischen Wissenschaftsgeschichte", Two Volumes, Olms, Hildesheim/New York, 1970.

39 "Eilhard Widemann: "Gesammelte Schriften zur Arabisch - Islamischen Wissenschaftsgeschichte", Edited by Fuad Sezgin. Verlag Institut für Geschichte der Arabisch - Islamischen Wissenschaften an der J.W. Goethe Universität, Frankfurt am Mein, 3 Volumes, 1984.

E. Wiedemann and F. Hauser:

40 "Über die Uhren in Bereich der Islamischen Kultur", Nova Acta. Abh. der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher, 100 (Halle 1915), 1 - 272.

41 "Über Trinkgefässe und Tafelaufsätzenach al-Gazari und den Banû Mûsà", Der Islam, 8, (1918), 55-93, al-Jazari - 268-291, Banû Mûsà.

42 "Über Schalen, die beim Aderlass verwendet werden, und Waschgefässe nach al-Gazari", Archiv. für Geschichte der Medizin (Leipzig), 11, (1918), 22-43.

43 "Über Springbrunnen", Berichten der Wetterauischen Gesellschaft, (1908), 29-43.

44 "Über Musikautomaten", Amari Festschrift, (1909), 164-185.

45 "Uber Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt", Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, 8, (1918), 121-154.

46"Über eine Palasttüre und Schlösser nach al-Gazarì", Der Islam, 11, (1921), 213-251.

47 H.J.J. Winter: "Muslim Mechanics and Mechanical Appliances", Endeavour, January 1956, pages 25-28.

48 H.J.J. Winter: "Mediaeval Transmissions in Science", Endeavour, Vol. 32, No. 117, September 1973, pp. 134-138.

فهرس الأشكال

فهرس الاشكال
(الباب الأول)

صفحة

(الباب الثاني)

صفحة

فهرس الجداول

فهرس الجداول

(الباب الأول)

(الباب الثاني)

اصدارات مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

أنشئت إدارة التـأليف والـترجمـة والنشر عام ١٩٨٢ للمساهمة في دعم المكتبة العربية بالمراجع المتخصصة والدراسات الجادة والكتابات الهادفة، إيماناً من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي بجدارة اللغة العربية في استيعاب العلوم كافة وأصالتها في تبني مختلف الثقافات، وعراقتها في التعبير عن جل الحضارات. .

وانطلاقا من أن نشر الكتاب هو خير طريق لمواكبة التقدم العلمي، ودليلاً على هدى أول كلمة نزلت في القرآن الكريم (اقرأ). تصدر الإدارة ثمانية سلاسل من الكتب والموسوعات هي :

- سلسلة الموسوعات العلمية.
- سلسلة الرسائل الجامعية.
- سلسلة الكتب المتخصصة.
- سلسلة الكتب المترجمة.
- سلسلة الثقافة العلمية.
- سلسلة التراث العلمي العربي.
- سلسلة المؤلف الناشىء.
- سلسلة ترجمة أمهات الكتب.

سلسلة التراث العربي

- **تاريخ صناعة السفن في الكويت**

د. نجاة الجاسم ود. بدر الدين الخصوصي

- **العلوم عند المسلمين**

الشيخة حصة الصباح

- **مقتنيات جديدة مختارة**

الشيخة حصة الصباح

- **منظومات بن الياسمين في أعمال الجبر**

أ. د. جلال شوقي

- **العلوم العقلية في المنظومات العربية**

أ. د. جلال شوقي

- **لمحة المختطف في صناعة الخط الصلف**

هيا الدوسري

- **أصول الحيل الهندسية**

أ. د. جلال شوقي

○ عزيزي القارىء للحصول على نسخة من أي كتاب من قائمة الكتب يرجى مراسلة المؤسسة على العنوان التالي: مؤسسة الكويت للتقدم العلمي إدارة التأليف والترجمة والنشر.

○ ص.ب: ٢٥٢٦٣ الرمز البريدي 13113 الكويت ت: ٢٤٢٥٨٩٧ ـ ٢٤٢٦٢٠٧ ـ فاكس: ٢٤٠٣٨٩٧.